KWARTALNIK ISSN 1643-8779

1(49)
2014

PL

EDUKACJA
BIOLOGICZNA I ŚRODOWISKOWA

Symbolika muszli / Choroby mitochondrialne
Badania PISA / Matematyka w biologii / Lekcja o komórkach macierzystych

IBE INSTYTUT BADAŃ EDUKACYJNYCH

NAUKA

geografia biologia zdrowie chemia badania fizyka środowisko przyroda

3 Łukasz Wojtyla, Małgorzata Adamiec, Ewa Sobieszczuk-Nowicka
Co rośliny robią zimą?

12 Volha Paulouskaya
Choroby mitochondrialne

19 Eliza Rybska
Symbolika muszli w kulturach świata

SZKOŁA

jak uczyć narzędzia dydaktyczne pomysły scenariusze zajęć narzędzia w internecie jak zainteresować zadania

29 Jacek Haman, Elżbieta Barbara Ostrowska
Metodologia OECD PISA i interpretacja wyników polskich uczniów w zakresie nauk przyrodniczych

42 Izabela Szot
Rozwijanie umiejętności krytycznego myślenia uczniów gimnazjum podczas lekcji biologii z wykorzystaniem technologii informacyjnej

47 Karolina Czerwiec, Katarzyna Potyrala
Rola mediów i transformacji społecznych w kształtowaniu postaw dotyczących edukacji seksualnej

53 Marcin Zaród
Laboratorium pod lupą. Od socjologii nauki do edukacji przyrodniczej, ścisłej i technicznej

58 Ilona Horychová, Milada Švecová
Connection of biology and ecology with mathematics

64 Adam Kowalak
Świadomość i postawy prośrodowiskowe rolników realizujących zobowiązania rolnośrodowiskowe

74 Scenariusze: *Lekcja o komórkach macierzystych* i *Kwitnienie – zajęcia majowe* KONSPEKTY

99 Nowe zadania PPP ZADANIA

KRÓTKO

recenzje wydarzenia informacje zdjęcia najnowsze odkrycia

108 Recenzja książki
Education for sustainable development: theory – practice – research

110 Nowości ze świata nauki:
– *Czarodziejska chemia grzybów*
– *Nowy sposób leczenia wad serca*

113 Zdjęcie numeru

W ZAŁĄCZNIKU – MATERIAŁY

UWAGA, jest to polska kopia numeru 1/2014, który został wydany w całości w języku angielskim i jest dostępny na stronie: ***ebis.ibe.edu.pl***.

Zapraszamy do zapoznania się z angielską wersją.

W wersji oryginalnej pozostawiono jednynie artykuł „Connection of biology and ecology with mathematics".

Numeracja wersji polskiej różni się od numeracji wersji angielskiej, która jest wersją referencyjną.

szykuje się ważne wydarzenie? poinformuj nas o nim **ebis@ibe.edu.pl**

 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Redakcja

Redaktor naczelny: Takao Ishikawa

Sekretarz redakcji: Marcin Trepczyński

Redaktorzy merytoryczni:
Urszula Poziomek, Jolanta Korycka-Skorupa

Kontakt z redakcją i propozycje tekstów: ebis@ibe.edu.pl

Strona internetowa: ebis.ibe.edu.pl

Adres redakcji: ul. Górczewska 8, 01-180 Warszawa

Rada naukowa

przewodniczący Rady: prof. zw. dr hab. Adam Kołątaj (Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN, Jastrzębiec),

zast. przewodniczącego: prof. dr hab. Katarzyna Potyrała (Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie),

a także: dr hab. Ondrej Hronec (Uniwersytet w Presowie, Słowacja), prof. dr hab. Daniel Raichvarg (Uniwersytet Burgundzki w Dijon, Francja), prof. dr hab. Valerij Rudenko (Wydział Geograficzny, Uniwersytet w Czerniowcach, Ukraina), prof. zw. dr hab. Wiesław Stawiński (emerytowany profesor Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie), dr Renata Jurkowska (Uniwersytet w Stuttgarcie, Niemcy)

Poza radą czasopismo posiada również zespoły doradcze oraz stałych recenzentów – zob. na stronie: ebis.ibe.edu.pl

Wydawnictwo

Wydawca: Instytut Badań Edukacyjnych, ul. Górczewska 8, 01-180 Warszawa

Projekt okładki: Marcin Broniszewski

Redakcja techniczna: Elżbieta Gątarek

Skład i łamanie: Marcin Trepczyński

czasopismo punktowane: 5 punktów, indeksowane w bazach CEJSH i Index Copernicus

wersją referencyjną czasopisma jest wydanie elektroniczne opublikowane na stronie: ebis.ibe.edu.pl

Od redakcji

Szanowni Państwo,

ubiegły rok rozpoczęliśmy z pewnymi zmianami w kwartalniku Edukacja Biologiczna i Środowiskowa. W pierwszym numerze w 2014 r. także mamy dla Państwa niespodziankę. Po raz pierwszy wydajemy EBiŚ w całości w języku angielskim. Pragniemy w ten sposób wykorzystać możliwości, jakie daje elektroniczne wydanie kwartalnika. Internet to przecież globalna sieć informatyczna; nie ma żadnych granic, które uniemożliwiałyby korzystanie z zasobów publikowanych w EBiŚ nawet na innych kontynentach. Postanowiliśmy zaprezentować nasz kwartalnik Czytelnikom także spoza Polski, dzieląc się nie tylko artykułami naukowymi z zakresu biologii i nauk środowiskowych, lecz także osiągnięciami i problemami polskich szkół i środowisk pedagogicznych. Wierzymy, że dzieląc się doświadczeniami polskiego środowiska naukowego i pedagogicznego z jeszcze szerszym gronem odbiorców, możemy liczyć na wymianę doświadczeń, a być może nawet na nawiązanie współpracy naukowej i wspólnej realizacji ciekawych projektów dydaktycznych.

Pragniemy jednak podkreślić, że zawsze dla redakcji najważniejszy będzie Czytelnik z Polski. To dlatego zdecydowaliśmy się na wydanie całego numeru także w języku polskim. Mamy nadzieję, że będą Państwo, jak do tej pory, korzystać z wersji polskiej EBiŚ, zaś swoim zagranicznym współpracownikom i znajomym będą polecać wersję angielską kwartalnika.

W numerze 1/2014 gorąco polecam artykuł o tym, co rośliny robią zimą, autorstwa fizjologów roślin z Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu. Zimę właśnie żegnamy, ale z pewnością będą Państwo zafascynowani, co się dzieje w roślinach wtedy, kiedy aura nie wydaje się dla nich szczególnie przyjazna. W części NAUKA publikujemy także artykuł dr Elizy Rybskiej o symbolice muszli w sztuce. Sądzę, że nie tylko biolodzy znajdą w nim coś dla siebie. W dziale SZKOŁA znajdą Państwo scenariusz lekcyjny w sam raz na powitanie wiosny. Jest on wycieczką po zielonogórskim ogrodzie botanicznym, ale zachęcam do adaptacji tego scenariusza do miejsc, które są w Państwa otoczeniu – ogrodów botanicznych, parków, czy po prostu przyrodniczo interesujących miejsc. Gdyby pogoda nie pozwalała Państwu na spacery na łonie przyrody, zain-

teresuje Państwa obszerny artykuł dotyczący badania PISA, które zawsze wzbudzają spore emocje. Lektura tego artykułu na pewno udzieli odpowiedzi na wszystkie Państwa pytania dotyczące tego badania. W tej części kwartalnika znajdą Państwo także wiele innych artykułów obejmujących szeroki wachlarz zainteresowań naszych Czytelników.

Kwartalnik EBiŚ w najbliższych numerach będzie także podejmować nieco szerzej temat edukacji seksualnej. Chcemy, aby nasz kwartalnik służył jako wiarygodne źródło informacji o tym, co w bardzo różnej formie możemy znaleźć w rozmaitych książkach lub internecie. Ten delikatny, ale ważny dla każdego, szczególnie młodego człowieka, temat chcemy przede wszystkim ukazać przez pryzmat zdrowia człowieka; rozumianego nie tylko pod względem fizycznym, ale też psychicznym. O szczegółach tego przedsięwzięcia będziemy Państwa zawiadamiać za pośrednictwem naszej strony internetowej i profilu w serwisie Facebook. Serdecznie zapraszamy!

Takao Ishikawa

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Co rośliny robią zimą?

Łukasz Wojtyla, Małgorzata Adamiec, Ewa Sobieszczuk-Nowicka

zgodność z Podstawą Programową – zob. s. 11

Streszczenie:

Rośliny ze względu na stopień tolerancji niskich temperatur możemy podzielić na wrażliwe na chłód lub mróz oraz odporne, tolerujące spadki temperatury poniżej zera. W strefie klimatów umiarkowanych większość roślin stanowią gatunki tolerujące niskie temperatury, które wykształciły szereg mechanizmów pozwalających im na przetrwanie zimy i ograniczających negatywne skutki działania niskich temperatur. Niezmiernie ważnymi w przygotowaniu roślin na nadejście mrozów w okresie zimowym są stopniowe spadki temperatury w okresie jesiennym i stopniowe skracanie się dnia. Zmniejszenie płynności błony komórkowej oraz spadek wydajności reakcji fotosyntezy to główne mechanizmy uczestniczące w percepcji zachodzących zmian. Prowadzi to do indukcji procesów nabywania tolerancji na niekorzystne warunki poprzez zmianę ekspresji genów, akumulację określonych białek o właściwościach krioochronnych, syntezę związków osmotycznie czynnych i antyoksydacyjnych. Część gatunków zimuje w postaci uśpionej, inne określane jako wiecznie zielone, zachowują aktywność metaboliczną dostosowując ją do warunków zimowych.

Słowa kluczowe: chłód, fotosynteza, mróz, niska temperatura, zima

otrzymano: 20.01.2014; przyjęto: 18.02.2014; opublikowano: 28.03.2014

dr Łukasz Wojtyla: adiunkt w Zakładzie Fizjologii Roślin Wydziału Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, e-mail: wojtylal@amu.edu.pll

dr Małgorzata Adamiec: adiunkt w Zakładzie Fizjologii Roślin Wydziału Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

dr Ewa Sobieszczuk-Nowicka: adiunkt w Zakładzie Fizjologii Roślin Wydziału Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Wstęp

Jedną z cech charakterystycznych dla klimatu umiarkowanego jest naprzemienne występowanie pór roku, w tym jednej z niskimi temperaturami, spadającymi często poniżej zera, nazywanej zimą. Rośliny, aby przetrwać zimę, muszą się do niej odpowiednio przygotować, co ma miejsce w miesiącach poprzedzających nadejście niekorzystnych warunków środowiska, czyli jesienią. Jesień na półkuli północnej jest okresem, w którym średnia dobowa temperatura zaczyna ulegać stopniowemu obniżeniu, a dzień – skróceniu, redukując ilość światła docierającego do powierzchni ziemi. W toku ewolucji rośliny wykształciły mechanizmy adaptacyjne umożliwiające im przetrwanie cyklicznie powtarzających się, niekorzystnych warunków środowiska, do których uruchomienia dochodzi w wyniku wspomnianych zmian (Starck, 2002). Klimat i pogoda w istotnym stopniu wpływają na procesy fizjologiczne zachodzące w roślinach, jednak nie bez znaczenia pozostają również mechanizmy wewnętrzne, regulujące fazy wzrostu wegetatywnego, generatywnego oraz okresy spoczynku. Procesy fizjologiczne i biochemiczne zachodzące u roślin w warunkach braku lub ograniczonego dostępu do światła opisane zostały w artykule pt. „Co rośliny robią nocą" (Wojtyla i Adamiec, 2013). W tej pracy postaramy się odpowiedzieć na pytania o sposób, w jaki rośliny reagują na niską temperaturę, jakie zmiany zachodzą w metabolizmie roślin zimą oraz skąd rośliny „wiedzą", że nadchodzi zima.

W zależności od przyjętego kryterium wyróżniamy kilka terminów uznawanych za początek zimy. Zima kalendarzowa rozpoczyna się na półkuli północnej 1 grudnia i trwa przez trzy miesiące, potocznie określane jako zimowe (grudzień, styczeń i luty). Za początek zimy astronomicznej uznawany jest moment przesilenia zimowego przypadający na dzień 21 lub 22 grudnia odpowiadający górowaniu Słońca w zenicie nad Zwrotnikiem Koziorożca. Zima meteorologiczna na półkuli północnej trwa od 8 grudnia do 9 marca. W końcu mamy również zimę wyznaczoną poprzez progową klimatogeniczną średnią dobową temperaturę, która w okresie zimowym jest równa lub niższa od zera. Klimatogeniczna zima wraz z przedzimiem i przedwiośniem wyznaczają okres spoczynku roślin, określany jako zima fenologiczna (Trenberth, 1983), na którym to okresie chcemy skupić się w niniejszym artykule.

Skąd rośliny wiedzą, że nadchodzi zima, czyli o mechanizmach percepcji niskiej temperatury przez rośliny

Przygotowanie roślin do zimy rozpoczyna się już wczesną jesienią. Większość roślin w celu przetrwania okresu zimowego przechodzi w stan spoczynku, czyli odwracalnego zahamowania aktywności wzrostowej i metabolicznej (Lewak, 2012). W stan spoczynku zapadać mogą całe rośliny, a także ich części, np. pędy, paki, kłącza, bulwy i nasiona, a proces ten indukowany jest, w zależności od gatunku, skracającym się dniem lub niską temperaturą. Indukowane skracającym się dniem starzenie liści oraz tworzenie się pąka zimowego zostało w szczegółach opisane przez szwedzką grupę badaczy na przykładzie osiki (*Populus tremula* L.) (Fracheboud i wsp., 2009). Proces starzenia się liści poprzedzony jest zatrzymaniem wzrostu i formowaniem się pąku zimowego. Samo starzenie się liści rozpoczyna się od zaniku chlorofilu i degradacji białek z nim związanych, wchodzących w skład fotosystemów zlokalizowanych w chloroplastach. Degradacja aparatu fotosyntetycznego ma na celu odzyskanie jak największej ilości materii organicznej, głównie związków zasobnych w azot, które wycofywane są do pędu i tam magazynowane w posta-

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

ci białek zapasowych w wakuolach komórek miękiszu kory pierwotnej. Szwedzcy badacze sugerują, że w ten sposób odzyskiwane może być nawet do 90% całkowitej puli azotu liścia (Fracheboud i wsp., 2009). Równolegle z degradacją aparatu fotosyntetycznego spada ilość chloroplastów oraz zachodzą zmiany w ich ultrastrukturze, w wyniku których dochodzi do przekształcenia się chloroplastów w gerontoplasty, czyli starzejące się plastydy, pozbawione struktur lamelarnych (Keskitalo i wsp., 2005). Procesy te prowadzą do całkowitego zaniku aktywności fotosyntetycznej, co jest sygnałem do wzmożonego wycofywania składników pokarmowych z liści. Następnie dochodzi do obumierania komórek na drodze ich programowanej śmierci (ang. *programmed cell death*, PCD), formowania się warstwy odcinającej i opadania liści. Jesienne starzenie się liści podlega precyzyjnej regulacji genetycznej i hormonalnej. W trakcie starzenia się liścia obserwuje się spadek poziomu cytokinin oraz wzrost poziomu takich hormonów roślinnych jak kwas abscysynowy, kwas salicylowy oraz kwas jasmonowy i etylen (Buchanan-Wollaston i wsp., 2005; Zhang i Zhou, 2013).

Obniżenie się temperatury powoduje odczucie chłodu bądź zimna przez ludzi. Funkcje receptorów zimna w skórze człowieka pełnią kolby Krausego reagujące wysłaniem impulsu nerwowego w sytuacji ochładzania się skóry. Rośliny nie posiadają układu nerwowego, mają one jednak zdolność reagowania na zmiany warunków termicznych, dostosowując się do zmieniających się warunków środowiska poprzez regulację reakcji biochemicznych i procesów molekularnych. W percepcji niskich temperatur przez rośliny uczestniczy błona komórkowa, a dokładniej zmiana jej płynności (Murata i Los, 1997). Wraz ze spadkiem temperatury zmniejsza się płynność błon biologicznych, które przyjmując strukturę bardziej krystaliczną zwiększają swoją przepuszczalność i tracą zdolność do selektywnego transportu jonów, co umożliwia swobodny napływ jonów wapnia do wnętrza komórki. Napływ jonów Ca^{2+}, oprócz funkcji sygnalnej, prowadzi również do depolaryzacji błony komórkowej. Jednocześnie zmiana struktury błony komórkowej obniża aktywność białek enzymatycznych związanych z błonami, w tym ATPaz. Zarówno niska temperatura, jak i wzrost stężenia jonów Ca^{2+} w cytoplazmie skutkują destabilizacją cytoszkieletu i depolimeryzacją mikrofilamentów aktynowych, które to procesy prawdopodobnie uczestniczą w regulacji ekspresji genów indukowanych przez niską temperaturę (Örvar i wsp., 2000). Działanie chłodu prowadzi również do depolimeryzacji mikrotubul współtworzących cytoszkielet, kolejnego z mechanizmów zaangażowanych w percepcję stresu niskich temperatur u roślin (Nick, 2013).

W percepcję zmian temperatury otoczenia zaangażowany jest także proces fotosyntezy, który dzięki wysokiej czułości na zmiany warunków środowiska oraz precyzyjnej regulacji może wpływać na procesy metaboliczne zachodzące w obrębie całej komórki (Ensminger i wsp., 2006). Sugeruje się, że w percepcji zmian termicznych kluczową rolę pełni stan redoks, czyli poziom utleniania i redukcji elementów fotosyntetycznego transportu elektronów, który reguluje reakcje fotofizyczne, fotochemiczne i metaboliczne zachodzące w chloroplastach. Jednym z elementów odpowiedzialnych za regulację stanu redoks jest plastochinon – cząsteczka uczestnicząca w fotosyntetycznym transporcie elektronów. Czynniki środowiskowe, takie jak niska temperatura, regulujące intensywność fotosyntezy, prowadzą do zmiany stosunku zredukowanego do utlenionego plastochinonu. Pula zredukowanego plastochinonu poprzez retrogradowy (zwrotny, wsteczny) szlak przekazywania sygnału od chloroplastu do jądra komórkowego reguluje poziom ekspresji genów jądrowych (Adamiec i wsp., 2008). Udział fotosyntezy w percepcji niskiej temperatury oraz w krzyżowym przekazywaniu sygnału (ang. *crosstalk*) pomiędzy stanem redoks, aklimatyzacją do niskich temperatur oraz szlakami sygnalizacji poprzez cząsteczki cukrów jest ważną częścią ogólnej odpowiedzi roślin na niskie temperatury (Ensminger i wsp., 2006). Drogi transdukcji sygnałów wykorzystujące cząsteczki cukrów współdziałają ze szlakami hormonalnymi w odpowiedzi na zmiany środowiska zewnętrznego, tworząc w komórkach roślinnych złożoną i rozległą sieć sygnalizacyjną. Wykazano szereg zależności pomiędzy cukrami a hormonami roślinnymi w aklimatyzacji roślin do chłodu (Ciereszko, 2006). Koordynacja procesów sygnalizacyjnych i metabolicznych jest istotnym elementem w odpowiedzi i nabywaniu tolerancji na niską temperaturę przez rośliny.

W mechanizm percepcji niskiej temperatury zaangażowane są również mitochondria. Spadek temperatury wywołuje zmiany w przepływie elektronów w mitochondrialnym łańcuchu transportu elektronów oraz, podobnie jak to ma miejsce w chloroplastach, zmiany stopnia redukcji poszczególnych składników łańcucha, które wpływają na stan redoks mitochondriów oraz poprzez szlak retrogradowy prowadzący do jądra komórkowego regulują ekspresję genów jądrowych, kształtując odpowiedź komórki (Dutilleul i wsp., 2003).

Negatywne skutki zimy

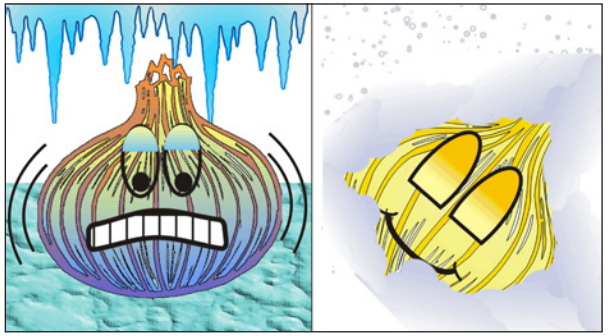
Niska temperatura powoduje wiele niekorzystnych zmian fizjologicznych, metabolicznych i strukturalnych, które prowadzą do nagromadzenia się uszkodzeń, a w konsekwencji nawet do śmierci komórek roślin. Do skutków działania niskich temperatur należą zmiany w strukturze i przepuszczalności błony komórkowej, dezorganizacja struktury cytoszkieletu, zmiana aktywności enzymów, zahamowanie reakcji fotosyntezy oraz zatrzymanie wzrostu i podziałów komórek (Ruelland

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

i Zachowski, 2010). Pod wpływem chłodu dochodzi do inaktywacji syntazy ATP nazywanej również ATPazą (Rorat, 2010). Enzym ten występuje m.in. w błonie komórkowej, wewnętrznej błonie mitochondrialnej i w tylakoidach chloroplastów. Katalizuje on reakcję wytwarzania związku wysokoenergetycznego – ATP z ADP i fosforanu nieorganicznego Pi, pełni także ważną funkcję w transporcie jonów w poprzek błony komórkowej. W niskich temperaturach spada aktywność większości procesów metabolicznych, w tym również wydajność reakcji fotosyntezy. Spadek temperatury powoduje zmniejszenie zapotrzebowania komórek na produkty fotosyntezy oraz ogranicza szybkość asymilacji CO_2 przez karboksylazę/oksygenazę rybulozo-1,5-bisfosforanu (Rubisco). Prowadzi to do nadmiaru NADPH i ATP oraz do niedoboru $NADP^+$ oraz reszt fosforanowych, co z kolei powoduje spadek wydajności procesu fotosyntezy, określanego jako inhibicja fotosyntezy. Inhibicja fotosyntezy zachodzi w wyniku nadmiernej redukcji składników chloroplastowego łańcucha transportu elektronów, co przyczynia się do przecieku elektronów i zwiększonego generowania reaktywnych form tlenu (ang. *reactive oxygen species*, ROS). Wzrost stężenia ROS określany jest jako stres oksydacyjny i jest niebezpieczny dla komórki, ponieważ oprócz funkcji sygnalnej i regulacji ekspresji genów ROS powodują uszkodzenia białek, błon komórkowych oraz kwasów nukleinowych, w tym DNA (Ruelland i Zachowski, 2010).

Przy spadku temperatury poniżej zera dochodzi do zmiany stanu skupienia cząsteczek wody, co prowadzi do jej krystalizacji. To właśnie zamarzająca w przestrzeniach międzykomórkowych woda jest źródłem większości uszkodzeń związanych z ujemnymi temperaturami. Tworzenie się kryształów lodu w przestworach międzykomórkowych prowadzi do obniżania się potencjału wody i wypływu wody z komórek, a w konsekwencji do rozrastania się kryształów lodu. Wypływ wody z komórek ustaje w momencie wyrównania się potencjałów wody pomiędzy komórką, a kryształem lodu. Rozrastające się w przestrzeniach międzykomórkowych kryształy lodu powodują mechaniczne uszkodzenia ścian komórkowych, błon komórkowych, cytoszkieletu i połączeń międzykomórkowych. Mechaniczne uszkodzenia komórek są jedną z przyczyn ich śmierci na skutek działania mrozu.

Ujemna temperatura, prowadząc do odwodnienia komórek, powoduje jednocześnie przechłodzenie cytoplazmy i jej krystalizację. Krystalizacja wody we wnętrzu komórki prowadzi do nieodwracalnych uszkodzeń i jej śmierci (Rorat, 2010). Proces ten towarzyszy wymarzaniu roślin. Wymarzanie jest najczęstszą przyczyną zimowych uszkodzeń roślin prowadzącym do ich śmierci. Oprócz wymarzania obserwuje się również inne negatywne efekty związane z zimowaniem roślin w strefie klimatu umiarkowanego, takie jak: wymakanie, wysuszanie (wysychanie i wysmalanie), wypieranie, wymywanie, wydmuchiwanie, wyprzenie, porażenie przez choroby i atakowanie przez szkodniki (Grzesiuk, 1999). Wymakanie roślin związane jest z długotrwałym zaleganiem wody np. na polach uprawnych, często połączonym z jej zamarzaniem. Wysuszanie spowodowane jest zamarzaniem wody znajdującej się w glebie, przez co nie jest możliwe jej pobieranie przez korzenie. Pomimo znacznego ograniczenia transpiracji, szczególnie u roślin zimozielonych, zachodzi ona także podczas ujemnych temperatur. Wysmalanie z kolei jest wynikiem działania suchych i mroźnych wiatrów potęgujących odwodnienie roślin. Wypieranie, wymywanie i wywiewanie roślin prowadzi do odsłonięcia podziemnych części roślin takich jak węzłów krzewienia u roślin jednoliściennych, szyjek korzeniowych u dwuliściennych, a także korzeni, bulw, czy cebul, co w znacznym stopniu zwiększa ich podatność na wymarzanie i wysychanie, prowadząc do uszkodzeń i śmierci rośliny. Wyprzenie roślin polega na ich zamieraniu pod zalegającą pokrywą śnieżną przy temperaturach wzrastających powyżej zera. Powodem zamierania roślin jest najczęściej niedobór światła, który prowadzi do wyczerpania substancji zapasowych i osłabienia kondycji rośliny oraz indukcji procesów jej starzenia. Z tego powodu bardzo często wyprzeniu towarzyszy porażenie roślin przez pleśnie śniegowe (Grzesiuk, 1999; Link i wsp. 2010). Zimoodporność roślin związana jest z odpornością na te wszystkie czynniki. Niemniej najistotniejszym jej aspektem jest mrozoodporność. Na zimoodporność roślin ma również wpływ obecność pokrywy śnieżnej, która ze względu na swoje właściwości fizyczne jest dobrym izolatorem termicznym, chroniącym zimujące rośliny przed bezpośrednim działaniem mrozu i wiatru. Dzięki odbijaniu dużej ilości światła przez pokrywę śnieżną utrzymuje ona bardziej stabilną i jednocześnie wyższą temperaturę przy powierzchni gleby, niwelując dobowe różnice i zapobiegając nagrzewaniu się roślin



Ryc. 1. Pod śniegiem

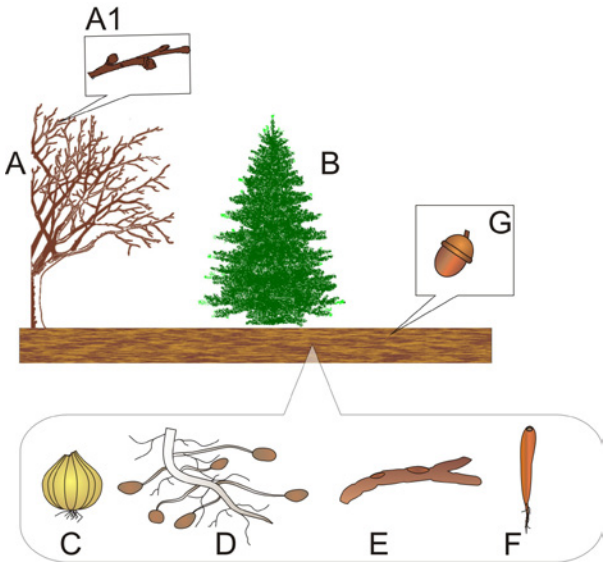
Rośliny zimą są narażone na skrajne warunki atmosferyczne, duże wahania termiczne oraz silny wiatr są w wysokim stopniu odpowiedzialne za wymarzanie roślin. Rośliny znajdujące się pod pokrywą śnieżną są poddane mniejszym wahaniom temperatury, są chronione przed bezpośrednim działaniem wiatru oraz promieni słonecznych, co sprzyja ich przezimowaniu [oprac. M. Adamiec].

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

do temperatur dodatnich w ciągu dnia. Jednocześnie podczas ostrych mrozów ziemia pod śniegiem nie przemarza zbyt głęboko, co sprzyja przezimowaniu roślin (ryc. 1). Negatywne skutki zimy odgrywają szczególnie istotne znaczenie w aspekcie roślin uprawnych, gdzie objawiają się obniżeniem plonowania, spadkiem produkcji i jej opłacalności dla rolników.

Strategie tolerancji niskich temperatur i mrozu

W biologii roślin stres jest definiowany jako działanie niekorzystnych warunków środowiska lub substancji na wzrost i rozwój (Lichtenthaler, 1996). Ważną różnicą pomiędzy odpowiedzią roślin i odpowiedzią zwierząt na działanie bodźca stresowego jest fakt, że w odróżnieniu od większości organizmów zwierzęcych, mogących uciec przed działaniem czynnika stresowego, rośliny nie są zdolne do aktywnego przemieszczania się w inne, wolne od czynnika stresowego miejsce. Nie mogąc uciec przed działaniem czynników stresowych, rośliny w toku ewolucji wykształciły cały szereg reakcji obronnych umożliwiających im przetrwanie w niekorzystnych warunkach środowiska. Chłód i mróz są obok suszy głównymi naturalnymi czynnikami ograniczającymi produkcję roślinną poprzez spowolnienie lub zatrzymanie wzrostu. Jednocześnie działanie niskich, a w szczególności ujemnych, temperatur często prowadzi rośliny do śmierci. Z tego powodu tak istotne znaczenie odgrywają mechanizmy warunkujące zimoodporność, czyli tolerancję roślin rosnących w rejonach, w których dochodzi do spadku temperatur poniżej 0 °C, na niskie i ujemne temperatury, obserwowane najczęściej w okresie zimowym. Część roślin, jak np. drzewa i krzewy, wytwarza pąki zimujące, chroniące merystemy wierzchołkowe pędów (ryc. 2A i 2A1). Istnieją również gatunki wiecznie zielone, do których należy duża grupa roślin szpilkowych (ryc. 2B), lecz także liściastych, m.in. rododendrony. Inna ze strategii przezimowania roślin dotyczy bylin i polega na wytwarzaniu organów zimujących w postaci przekształconych form pędu, takich jak cebule, bulwy pędowe, kłącza lub korzenia, w postaci korzeni spichrzowych zwanych bulwami korzeniowymi (ryc. 2C–F) (Szweykowska i Szweykowski, 2000). Wiele roślin, w tym gatunki jednoroczne, zimuje w postaci nasion (ryc. 2G), która to forma przetrwania niekorzystnych warunków środowiska związana jest jednocześnie z rozmnażaniem i rozprzestrzenianiem się gatunków.



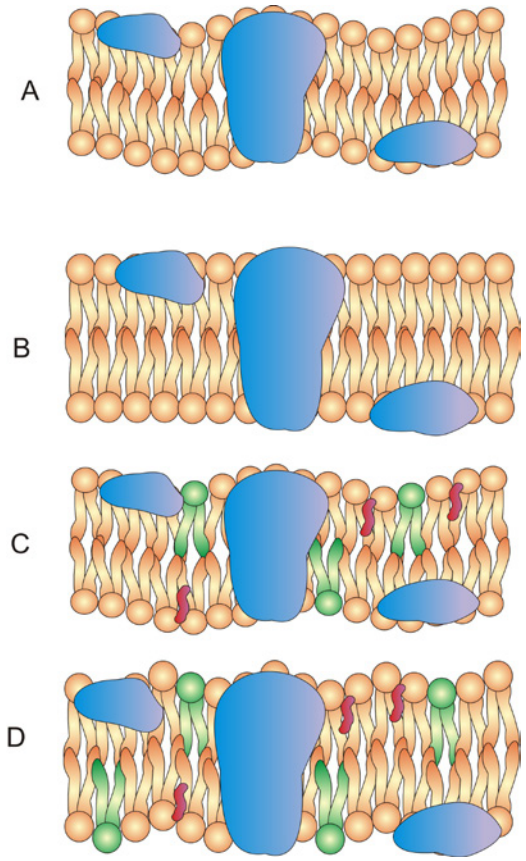
Ryc. 2. Struktury odpowiedzialne za przezimowanie roślin

A – roślina zrzucająca liście na zimę; A1 – pąki zimujące drzew i krzewów; B – roślina wiecznie zielona; C – przekształcenia pędu, cebula; D – przekształcenia pędu, bulwy pędowe; E – przekształcenia pędu, kłącze; F – korzeń spichrzowy; G – nasiono [oprac. własne na podstawie danych literaturowych (Szweykowska i Szweykowski, 2000) – M. Adamiec].

Molekularne mechanizmy tolerancji na mróz obejmują przede wszystkim rearanżację struktury błon biologicznych, w tym błony komórkowej, zmianę kierunku reakcji metabolicznych poprzez zaburzenie dostępności ATP i zredukowanych nukleotydów pirydynowych, zmianę stosunków wodnych, suszę fizjologiczną i syntezę substancji kompatybilnych oraz ochronnych. Wszystkie te mechanizmy możemy podzielić na dwie grupy w zależności od strategii, w którą są zaangażowane: zapobiegające zamarzaniu wody w obrębie tkanki roślinnej lub tolerujące skutki pozakomórkowej krystalizacji wody (Kacperska, 2012).

Zmiany temperatury wpływają na funkcjonowanie komórki na różnych poziomach. Zmiana płynności błony komórkowej jest jednym z ważniejszych elementów reagujących bezpośrednio na zmiany temperatury (ryc. 3). Obniżenie płynności błon biologicznych pociąga za sobą wiele niekorzystnych zmian, które zostały już omówione w rozdziale 2. W odpowiedzi na niskie temperatury wzrasta w błonach biologicznych roślin zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych wchodzących w skład łańcuchów acylowych fosfo- i galaktolipidów. Wzrost ich zawartości przeciwdziała utracie płynności błony wraz ze spadkiem temperatury (Theocharis i wsp., 2012). Stwierdzono również, że obecność w błonach roślinnych steroli takich jak stigmasterol i sitosterol wpływa korzystnie na utrzymanie właściwej płynności błony oraz jej zdolności do selektywnego transportu (Senthil-Kumar i wsp., 2013). Funkcja steroli roślinnych jest bardzo zbliżona do pełnionej w błonach komórek zwierzęcych przez cholesterol, określany terminem „buforu temperaturowego" dla błon, gdyż ogranicza wywołane zmianami temperatury zmiany ich płynności (Urry, 2008). Oprócz rearanżacji składu błon komórkowych w odpowiedzi na działanie niskich temperatur, zmienia się również poziom ekspresji wielu genów, m.in. kodujących białka uczestniczące w na-

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

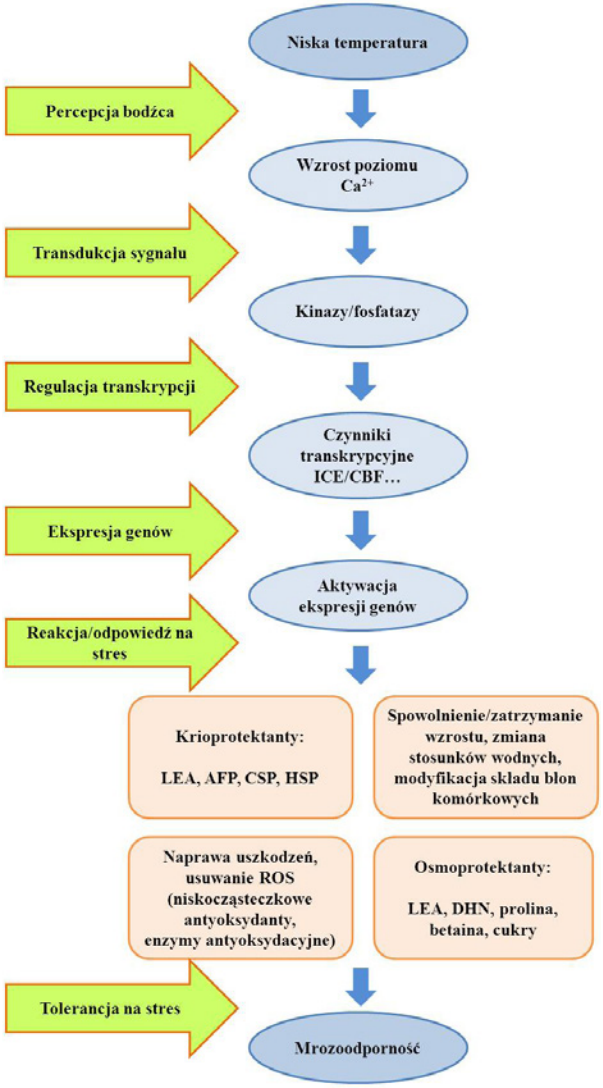


Ryc. 3. Zmiany struktury błony komórkowej w odpowiedzi na zmiany temperatury

A – płynna struktura błony komórkowej w optymalnych warunkach termicznych, B – sztywna, krystaliczna struktura błony komórkowej w obniżonej temperaturze, C – płynna struktura błony komórkowej zawierającej nienasycone kwasy tłuszczowe w cząsteczkach fosfolipidów oraz fitosterole w optymalnej temperaturze, D – płynna struktura błony komórkowej zawierającej nienasycone kwasy tłuszczowe oraz fitosterole w obniżonej temperaturze. Kolor pomarańczowy – fosfolipidy budujące zrąb błony, kolor niebieski – białka błonowe, kolor zielony – fosfolipidy i galaktolipidy zawierające nienasycone kwasy tłuszczowe, kolor czerwony – sterole roślinne [oprac. własne na podstawie danych literaturowych (Theocharis i wsp., 2012; Senthil-Kumar i wsp., 2013) – M. Adamiec].

bywaniu tolerancji na niskie temperatury oraz mróz, czynników transkrypcyjnych aktywujących ekspresję szeregu genów zaangażowanych w proces dostosowania metabolicznego oraz innych genów zaangażowanych w nabywanie tolerancji na niskie temperatury. Większość z tych genów można określić wspólną nazwą genów COR (ang. *cold responsive genes*). Ich ekspresja regulowana jest obecnością czynników transkrypcyjnych z rodziny CBF (ang. *C-repeat binding factor*), które z kolei podlegają regulacji ekspresji poprzez cząsteczkę aktywatora ICE1 (ang. *inducer of CBF expression 1*). ICE1 jest białkiem konstytutywnym, obecnym w komórkach roślin, które ulega aktywacji w odpowiedzi na uruchomienie kaskady transdukcji sygnału wywołanego percepcją czynnika stresowego w postaci obniżonej temperatury (Chinnusamy i wsp., 2003). Wśród białek akumulowanych w odpowiedzi na działanie niskich temperatur znajdują się białka zaliczane do rodziny białek późnej embriogenezy (ang. late embryogenesis abundant, LEA), wśród których szczególne miejsce zajmuję białka z podrodziny LEA2 nazywane dehydrynami. Dehydryny są silnie hydrofilowymi białkami, wykazującymi aktywność ochronną poprzez stabilizację struktury białek i błon w warunkach deficytu wody oraz wykazują aktywność krioochronną (Rorat, 2006). Drugą grupą białek akumulowaną w odpowiedzi na niskie temperatury są białka przeciwdziałające zamarzaniu (ang. *antifreeze proteins*, AFP) opisywane również jako białka histerezy temperaturowej (ang. *thermal hysteresis protein*, THP). Białka te obniżają temperaturę zamarzania roztworów wodnych, w których się znajdują, poniżej temperatury topnienia. Powstająca w ten sposób różnica pomiędzy temperaturą zamarzania a temperaturą topnienia nazywana jest histerezą temperaturową (Pukacki, 2011). Białka AFP akumulowane są głównie w apoplaście, gdzie przeciwdziałają zamarzaniu wody. Dzięki wysokiemu powinowactwu białek AFP z lodem (wyższemu niż cząsteczek wody) ograniczają one rozrastanie się kryształów lodu oraz wpływają na strukturę krystalograficzną powstających kryształów, determinując strukturę heksagonalną (Pukacki, 2011). Trzecią grupą białek biorących udział w nabywaniu tolerancji na niskie temperatury są białka szoku zimna (ang. *cold shock proteins*, CSP). Białka te uczestniczą w procesach rozwojowych oraz w odpowiedzi na stresy abiotyczne. Potwierdzono również ich udział w zwiększaniu tolerancji na niską temperaturę, jednak dokładny mechanizm ich działania w komórkach roślinnych nie został jeszcze opisany. Sugeruje się, że podobnie jak w komórkach drożdży czy zwierząt mogą one uczestniczyć w utrzymywaniu prawidłowej struktury chromosomów, działając ochronnie na DNA w trakcie replikacji i transkrypcji oraz na RNA i polipeptydy podczas translacji (Chaikam i Karlson, 2010). Funkcję opiekuńczą pełnią również białka szoku cieplnego (ang. *heat shock proteins*, HSP), których zwiększona obecność jest obserwowana również przy niskich temperaturach (Kmieć i wsp., 2005). Oprócz białek specyficznie akumulowanych w odpowiedzi na niskie temperatury obserwuje się również wzmożoną syntezę substancji osmotycznie czynnych oraz wykazujących działanie krioprotekcyjne. Związki te określa się jako substancje kompatybilne. Należą do nich rozpuszczalne węglowodany (takie jak sacharoza, sorbitol, mannitol, sterole roślinne), aminokwasy (takie jak alanina, glicyna, prolina czy seryna), poliaminy i betainy (Theocharis i wsp., 2012). Niska temperatura i mróz, podobnie jak inne czynniki stresowe, prowadzą do wzmożonej produkcji reaktywnych form tlenu. Jednocześnie obserwuje się wzrost zawartości związków o charakterze antyoksydacyjnym, mających właściwości zmiataczy wolnych rodników usuwających nadmiar ROS. Do najważniejszych nieenzymatycznych antyoksydantów, czyli zmiataczy wolnych rodników, należą takie

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014



Ryc. 4. Schemat przedstawiający mechanizm nabywania tolerancji na stres niskich temperatur przez rośliny

Na podstawie (García Bañuelos i wsp., 2008) zmienione – Ł. Wojtyla.

związki jak: glutation, kwas askorbinowy, flawonoidy, α-tokoferol, karotenoidy. Oprócz akumulacji niskocząsteczkowych antyoksydantów wzrasta aktywność enzymów antyoksydacyjnych, w tym głównie dysmutazy ponadtlenkowej, peroksydaz i katalazy (Pukacki, 2011). Jednoczesne uruchomienie reakcji obronnych różnego typu przeciwdziałających niskim temperaturom umożliwia roślinie nabycie odporności na chłód i mróz, które to cechy w dużej mierze warunkują zimoodporność roślin (ryc. 4). Niemniej jednak nawet te gatunki roślin, które w naturalnych warunkach bez większych uszkodzeń są w stanie przetrwać kilkumiesięczny okres mrozów ze spadkami temperatur znacznie poniżej zera, nie są wyposażone w konstytutywne mechanizmy warunkujące mrozoodporność. Zespół cech odpowiedzialnych za nabycie przez rośliny mrozoodporności podlega wykształceniu dopiero w wyniku stopniowego obniżania się temperatury. Natychmiastowe przeniesienie roślin z warunków optymalnego wzrostu do środowiska o ujemnej temperaturze spowoduje trwałe uszkodzenia, których rezultatem będzie śmierć komórek, mogąca prowadzić do śmierci całego organizmu. Proces, w wyniku którego w organizmie rośliny dochodzi do uruchomienia mechanizmów odpowiedzialnych za wykształcenie się cech warunkujących mrozoodporność, nazywamy hartowaniem, czyli aklimatyzacją do niskich temperatur (Theocharis i wsp., 2012).

Co rośliny robią zimą, czyli o procesach zachodzących w liściach roślin wiecznie zielonych

Obniżająca się temperatura prowadzi do szeregu zmian w metabolizmie komórek roślin mających na celu jak najlepsze przygotowanie roślin do przetrwania zimy, a w szczególności mrozów. Większość gatunków przechodzi w stan uśpienia, a ich metabolizm jest bardzo mocno ograniczony. Istnieje jednak dość liczna grupa tzw. roślin wiecznie zielonych, inaczej zwanych zimozielonymi, do których zalicza się większość drzew szpilkowych (iglastych) występujących w Polsce, część krzewów (rododendrony, borówkę brusznicę, ostrokrzew, bukszpan), a także roślin zielnych (barwinek). Ponadto do tej grupy zaliczamy bluszcz pospolity oraz jemiołę. Rośliny te oprócz tolerancji niskich temperatur, poprzez zapobieganie tworzeniu się wewnątrzkomórkowych kryształów lodu, muszą sprostać poważnym zmianom metabolicznym związanym z energetyką komórki. W okresie zimowym ilość światła docierająca do powierzchni liścia jest ograniczona, co wpływa na wydajność procesu fotosyntezy. Jednak przy ujemnej temperaturze większe niebezpieczeństwo związane jest z uszkodzeniami składników komórek przez ROS. Dzieje się to w okresie słonecznej i jednocześnie mroźnej pogody. W wyniku zahamowania aktywności enzymów uczestniczących w niezależnej od światła fazie fotosyntezy zachodzi inhibicja fotosyntezy poprzez wysycenie i nadmierną redukcję składników fotosyntetycznego łańcucha transportu elektronów w chloroplastach, co prowadzi do generowania ROS. Zaburzenia w liniowym transporcie elektronów, które są konsekwencją zmieniających się warunków klimatycznych, mogą również skutkować inhibicją transkrypcji genów dla białek kompleksów LHC. Układy antenowe LHC (ang. *light harvesting complex*) są kompleksami zbierającymi energię świetlną, zwanymi także antenami energetycznymi. Są to kompleksy zbudowane z białek i barwników fotosyntetycznych zlokalizowane w błonach tylakoidów. Kompleksy te absorbują kwanty światła i przekazują ich energię do centrów reakcji fotoukładów, w których zachodzi właściwa reakcja fotochemiczna. Dysfunkcja w syntezie białek LHC prowadzi do inhibicji fotosyntezy (Jackowski, 2001). U roślin wiecznie zielonych zachodzi również inhibicja transkrypcji genów z rodziny *Lhc*, która jest efektem

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

zmian świetlnych i temperaturowych. Rośliny te potrafią jednak przeciwdziałać upośledzonej syntezie białek LHC syntetyzując białka ELIP (ang. *early light-induced protein*), zbliżone budową i funkcją do białek LHC, co umożliwia kontynuację procesu fotosyntezy (Montané i Kloppstech, 2000). Podczas inhibicji fotosyntezy wywołanej niską temperaturą, może dochodzić również do uszkodzenia kompleksu rozszczepiającego wodę. Rozkład wody przez enzymatyczny kompleks manganowy, który odbywa się przy udziale światła, jest integralnym elementem fazy jasnej fotosyntezy. Odłączanie jonów manganu od kompleksu, obserwowane podczas inhibicji fotosyntezy, prowadzi do zaburzenia transportu elektronów, co również skutkuje wzmożoną produkcją ROS (Pilarski i wsp., 2008). W liściach roślin zimozielonych stwierdzono wzrost zawartości niskocząsteczkowych antyutleniaczy oraz podwyższoną aktywność enzymów zaangażowanych z proces zmiatania wolnych rodników (Wang i wsp., 2009). Jednym z mechanizmów chroniących komórki przed nadmierną produkcją ROS oraz uszkodzeniami w obrębie fotosystemów jest cykl ksantofilowy, polegający na odwracalnej przemianie ksantofili – wiolaksantyny w zeaksantynę, barwników wchodzących w skład kompleksów antenowych. Spadek pH we wnętrzu tylakoidów obserwowany przy spadku temperatury i wzroście oświetlenia sprzyja przemianie wiolaksantyny w zaaksantynę. Wymusza to zmianę konformacji białek antenowych i prowadzi do rozproszenia energii (w postaci ciepła) pomiędzy cząsteczki barwników, a nie przekazywania jej do centrów reakcji PSII. Zatem cykl ksantofilowy jest swoistym przełącznikiem pomiędzy wychwytywaniem a rozpraszaniem energii (Demmig-Adams i wsp., 1996). Uruchomienie mechanizmów fotoprotekcyjnych w postaci systemu antyoksydacyjnego, cyklu ksantofilowego czy ekspresji białek ELIP to nie jedyne mechanizmy redukcji zagrożeń powodowanych niekorzystnym wpływem zimy na przebieg procesu fotosyntezy w komórkach mezofilu liścia.

Rośliny wiecznie zielone charakteryzują się również zmianami w ultrastrukturze komórek mezofilu i morfologii liści wynikającymi ze zmian intensywności i składu spektralnego docierającego do powierzchni liści światła. Przy słabej intensywności światła słonecznego przeważa promieniowanie w zakresie czerwonym, co prowadzi do rozbudowywania w aparacie fotosyntetycznym systemu antenowego, absorbującego promieniowanie, przy jednoczesnym spadku ilości syntetyzowanego Rubisco. Chloroplasty powstałe w takich warunkach charakteryzują się niewielką ilością gran, z przewagą tylakoidów stromy. W błonach tylakoidów gran zlokalizowane są głównie kompleksy PSII, natomiast tylakoidy stromy obfitują w PSI. Duży rozmiar anten wynika z konieczności maksymalnej absorpcji i wykorzystania niewielkich ilości docierającego promieniowania. W warunkach słabej intensywności światła maleje wartość stosunku chlorofilu a/b, a także PSII/PSI (Pilarski i wsp., 2012). Ponadto, ilość energii docierającej do liści i wnętrza chloroplastu jest regulowana poprzez zmiany adaptacyjne związane z ruchem termonastycznym liścia. W okresie mrozu liście roślin z rodzajów kalmia, borówka czy rododendron zmieniają ustawienie z horyzontalnego (poziomego) na wertykalne (pionowe), co w znacznym stopniu ogranicza ilość światła docierającego do ich powierzchni, zmniejszając ryzyko uszkodzeń związanych z inhibicją fotosyntezy, w warunkach nasłonecznienia liści przy ujemnych temperaturach (Russell i wsp., 2009).

Czy rośliny potrafią się ogrzać?

Temperatura większości roślin jest zbliżona do temperatury otoczenia, ponieważ ich metabolizm przebiega, w sposób nieprowadzący do produkcji takiego nadmiaru energii cieplnej, który mógłby w znaczny sposób podwyższyć temperaturę całego organizmu. Istnieje jednak pewna, licząca kilkaset gatunków grupa roślin, wytwarzająca ciepło i utrzymująca temperaturę wyższą od temperatury otoczenia. Należą do nich m.in.: *Amorphophallus paeoniifolius* (nazywany również śmierdzącą lilią, ang. *Stink lily*), *Sauromatum guttatum* („lilia voodoo"), tropikalna lilia wodna wiktoria parańska (*Victoria cruziana*) czy występująca w klimacie umiarkowanym – skupnia (*Symplocarpus foetidus*), określana potocznie jako „kapusta bagienna" (ang. *Swamp cabbage*) lub ze względu na jej nieprzyjemny zapach „kapusta tchórzowa" (ang. *Skunk cabbage*). Roślina ta zakwita niezwykle wcześnie w ciągu roku, w niektórych rejonach Ameryki Północnej (środkowa część wschodniego wybrzeża USA) już na początku stycznia. Jej przypominający kształtem łzę kwiat toruje sobie drogę na powierzchnię roztapiając pokrywę śnieżną. Roślina ta może również kwitnąć pod pokrywą śnieżną tworząc własne lodowe jaskinie. Skupnia utrzymuje stałą temperaturę kwiatu na poziomie około 15 °C, nawet gdy temperatura powietrza spadnie do -15 °C (Milius).

Te termogenne rośliny potrafią znacznie zwiększyć tempo swojego metabolizmu i utrzymać je przez kilka godzin, dni lub nawet tygodni. Wynikiem przyspieszonego metabolizmu jest nie tylko podwyższona temperatura, lecz także wzmożona sekrecja silnych zapachów, co powoduje, że rośliny te potrafią zwabić zapylające je organizmy z bardzo dużych odległości. Wiele z roślin termogennych posiada również wyspecjalizowany organ nazywany komorą kwiatową. Jest to najbardziej termogenna część kwiatu, która chroni jego bardziej wrażliwe na niskie temperatury struktury i zapewnia zapylaczom przyjazne środowisko życia i rozwoju, chroniąc je jednocześnie przed drapieżnikami (Lamprecht i wsp, 2002).

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

U roślin termogennych proces przyspieszenia metabolizmu przebiega na tyle szybko, że często określa się go jako „wybuch metaboliczny", a ilość ciepła wytwarzanego w efekcie takiego przyspieszonego metabolizmu powoduje, że temperatura roślin wzrasta w stosunku do temperatury otoczenia o kilka lub nawet kilkanaście stopni i utrzymuje się na stałym poziomie niezależnie od temperatury powietrza. Wzrost temperatury w odpowiedzi na chłód obserwuje się, choć w bardzo ograniczonym zakresie, także u innych roślin takich jak fasola półksiężycowata, soja, ogórek, bawełna, pomidor, groch, ziemniak czy rzodkiewnik (Moynihan i wsp., 1995). Uważa się, że produkcja ciepła w roślinach związana jest głównie ze wzrostem aktywności mitochondriów. Główną rolę odgrywa tutaj alternatywna droga oddechowa niewrażliwa na cyjanek. Ta specyficzna droga transportu elektronów występuje u wszystkich roślin, lecz w roślinach termogennych jest szczególnie aktywna (Watling i wsp., 2006). Kluczowym enzymem tej reakcji jest oksydaza alternatywna (ang. *alternative oxidase*, AOX), zlokalizowana w wewnętrznej błonie mitochondrialnej. Katalizuje ona reakcję przeniesienia elektronów z ubichinolu (zredukowanego ubichinonu) na tlen cząsteczkowy, redukując go do wody. Oksydaza alternatywna nie jest pompą protonową i nie może zasilać fosforylacji oksydacyjnej (szlaku metabolicznego prowadzącego do syntezy ATP), energia swobodna uwalniana podczas katalizowanej przez nią reakcji zostaje rozproszona jako ciepło (Michejda, 2000). Skupnia posiada obok alternatywnej drogi oddechowej również inny mechanizm produkcji ciepła. Jest to mechanizm podobny do występującej u ssaków drogi oddechowej odpowiadającej za tak zwaną termogenezę bezdrżeniową. Za mechanizm ten odpowiadają białka rozprzęgające (ang. *uncoupling proteins*, UCP), zlokalizowane w wewnętrznej błonie mitochondrialnej (Onda i wsp., 2008). Białka te rozładowują gradient protonowy powstający w poprzek błony mitochondrialnej, na skutek transportu elektronów w łańcuchu oddechowym. W wyniku tego procesu nie dochodzi do syntezy ATP, a zgromadzona energia zostaje zamieniona na ciepło.

Podsumowanie

Rośliny w odpowiedzi na zmieniające się warunki środowiska uruchamiają fizjologiczne, biochemiczne i molekularne mechanizmy pozwalające im dostosować się do nowych warunków. Reagując na oznaki pogodowe zbliżającej się zimy roślina może przygotować się w charakterystyczny dla danego gatunku sposób na jej nadejście, dzięki czemu jest w stanie przetrwać zimowe miesiące. Dla roślin zima jest niezwykle dynamiczną pora roku, charakteryzującą się naprzemiennymi okresami mrozu i odwilży oraz pochmurnych dni z niewielką ilością docierającego światła na przemian z dniami słonecznymi. Stawia to przed roślinami, a w szczególności przed gatunkami wiecznie zielonymi (zimozielonymi), konieczność dynamicznego dostosowania się do skrajnych warunków pogodowych i uruchomienia sprawnych mechanizmów regulujących tempo zmian metabolicznych, głównie fotosyntezy. Utrzymanie w pełni funkcjonalnego systemu asymilacji dwutlenku węgla i produkcji energii jest niezbędne dla zachowania żywotności komórek. W żywych organizmach, nawet przy bardzo ograniczonym metabolizmie, zahamowaniu wzrostu i podziałów komórkowych oraz zmniejszonym zapotrzebowaniu na szkielety węglowe związków organicznych, procesy metaboliczne trwają nieprzerwanie. Do ich podtrzymania potrzebna jest synteza odpowiedniej ilości ATP, za który to proces odpowiada u roślin głównie fotosynteza i oddychanie komórkowe.

Literatura:

Adamiec M, Drath M, Jackowski G (2008). Redox state of plastoquinone pool regulates expression of Arabidopsis thaliana genes in response to elevated irradiance. Acta Biochim Pol 55:161-73.

Buchanan-Wollaston V, Page T, Harrison E, Breeze E, Lim PO, Nam HG, Lin JF, Wu SH, Swidzinski J, Ishizaki K, Leaver CJ (2005). Comparative transcriptome analysis reveals significant differences in gene expression and signalling pathways between developmental and dark/starvation-induced senescence in Arabidopsis. Plant J 42:567-585.

Chaikam V, Karlson DT (2010). Comparison of structure, function and regulation of plant cold shock domain proteins to bacterial and animal cold shock domain proteins. BMB Rep 43:1-8.

Chinnusamy V, Ohta M, Kanrar S, Lee BH, Hong X, Agarwal M, Zhu JK (2003). ICE1: a regulator of cold-induced transcriptome and freezing tolerance in Arabidopsis. Genes Dev 17:1043-1054.

Ciereszko I (2006). Kontrola metabolizmu sacharozy u roślin w odpowiedzi na zmienne warunki środowiska. Kosmos 55:229-241.

Demmig-Adams B, Gilmore AM, Adams WW (1996). *In vivo* functions of carotenoids in high plants. FASEB Journal 10:403–412.

Dutilleul C, Garmier M, Noctor G, Mathieu C, Chétrit P, Foyer C, Paepe R (2003). Leaf mitochondria modulate whole cell redox homeostasis, set antioxidant capacity, and determine stress resistance through altered signaling and diurnal regulation. Plant cell 15:1212-1226.

Ensminger I, Busch F, Huner NPA (2006). Photostasis and cold acclimation: sensing low temperature through photosynthesis. Physiol Plant 126:28-44.

Fracheboud Y, Luquez V, Björkén L, Sjödin A, Tuominen H, Jansson S (2009). The control of autumn senescence in European Aspen. Plant Physiol 149:1982-1991.

García Bañuelos LM, Vázquez Moreno L, Winzerling J, Orozco JA, Gardea AA (2008). Winter metabolism in deciduous trees: mechanisms, genes and associated proteins. Rev Fitotec Mex 31:295-308.

Grzesiuk S (1999). Zimowanie i zimoodporność roślin. W Fizjologiczne podstawy odporności roślin na choroby pod red. Grzesiuk S, Koczowska I, Górecki RJ. Wydawnictwo ART, Olsztyn. 26-43.

Jackowski G (2001). Plastydy. W Podstawy Biologii Komórki Roślinnej red Woźny A, Michejda J, Ratajczak L. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 346-410.

Kacperska A (2012). Stres spowodowany niską temperaturą. W Fizjologia roślin, red. Kopcewicz J, Lewak S. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 657-669.

Keskitalo J, Bergquist G, Gardeström P, Jansson S (2005). A cellular timetable of autumn senescence. Plant Physiol. 139:1635-1648.

Kmieć B, Drynda R, Wołoszyńska M (2005). Molekularne podstawy odpowiedzi roślin na niską temperaturę. Biotechnologia

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

3(70):184-200.
Lamprecht I, Schmolz E, Blanco L, Romero CM (2002). Flower ovens: thermal investigations on heat producing plants Thermochimica Acta. 391: 107-118.
Lewak S (2012). Spoczynek roślin. W Fizjologia roślin, red. Kopcewicz J, Lewak S. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 576-586.
Lichtenthaler HK (1996). Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants. J Plant Physiol 148:4-14.
Link W, Balko C, Stoddard FL (2010). Winter hardiness in faba bean: Physiology and breeding. Field Crops Research 115:287–296.
Michejda J (2000). Oksydaza alternatywna. W Podstawy biologii komórki roślinnej. Red Woźny A, Michejda J, Ratajczak L. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 304-308.
Milius S Warm-Blooded Plants? Science News Online http://www.phschool.com/science/science_news/articles/warm_blooded_plants.html Dostęp 10.01.2014.
Moynihan MR, Ordentlich A, Raskin I (1995). Chilling-induced heat evolution in plants. Plant Physiol 108:995-999.
Montané MH, Kloppstech K (2000). The family of light harvesting-related proteins (LHCs, ELIPs, HLIPs): was the harvesting of light their primary function? Gene 258:1–8.
Murata N, Los DA (1997). Membrane fluidity and temperature perception. Plant Physiol 115:875-879.
Nick P (2013). Microtubules, signalling and abiotic stress. Plant J 75:309–323.
Onda Y, Kato Y, Abe Y, Ito T, Morohashi M, Ito Y, Ichikawa M, Matsukawa K, Kakizaki Y, Koiwa H, Ito K (2008). Functional coexpression of the mitochondrial alternative oxidase and uncoupling protein underlies thermoregulation in the thermogenic florets of skunk cabbage. Plant Physiol 146:636–645.
Örvar BL, Sangwan V, Omann F, Dhindsa RS (2000). Early steps in cold sensing by plant cells: the role of actin cytoskeleton and membrane fluidity. Plant J 23:785-794.
Pilarski J, Tokarz K, Kocurek M (2012). Adaptacja roślin do składu spektralnego i intensywności promieniowania. Prace Instytutu Elektrotechniki 256:223-236.
Pukacki PM (2011). Fizjologiczne i molekularne aspekty tolerancji roślin drzewiastych na stres niskiej temperatury. W Fizjologia roślin sadowniczych, tom 2, red. Jankiewicz LS, Filek M, Lech W. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 234-264.
Rorat T (2006). Plant dehydrins – tissue location, structure and function. Cell Mol Biol Lett 11:536-556.
Rorat T (2010). Stres spowodowany niską temperaturą. W Reakcje komórek roślin na czynniki stresowe, tom 2. red. Woźny A, Goździcka-Józefiak A. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań, 181-189.
Ruelland E, Zachowski A (2010). How plants sense temperature. Environ Exp Bot 69:225-232.
Russell RB, Lei TT, Nilsen ET (2009). Freezing induced leaf movements and their potential implications to early spring carbon gain: *Rhododendron maximum* as exemplar. Functional Ecology 23:463-471.
Senthil-Kumar M, Wang K, Mysore KS (2013). AtCYP710A1 gene-mediated stigmasterol production plays a role in imparting temperature stress tolerance in Arabidopsis thaliana. Plant Signal Behav 8(2):e23142.
Starck Z (2002). Wpływ ujemnej temperatury na rośliny zielne i drzewiaste. W Fizjologia plonowania roślin red. Górecki RJ, Grzesiuk S. Wydawnictwo Uniwersytety Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn, 470-472.
Szweykowska A, Szweykowski J (2000). Botanika. T. I Morfologia. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
Theocharis A, Clément C, Barka EA (2012). Physiological and molecular changes in plants grown at low temperatures. Planta 235:1090-1105.
Trenberth KE (1983). What are the seasons? Bulletin American Meteorological Society 64:1276-1282.
Urry LA (2008). Membrane structure and function. W Biologia red. Campbell NA i wsp. Wydanie I polskie na podstawie *Biology, Eighth Edition*, Poznań 2012:125-141.
Wang X, Peng Y, Singer JW, Fessehaie A, Krebs SL, Arora R (2009). Seasonal changes in photosynthesis, antioxidant systems and *ELIP* expression in a thermonastic and non-thermonastic *Rhododendron* species: A comparison of photoprotective strategies in overwintering plants. Plant Science 177:607-617.
Watling JR, Robinson SA, Seymour RS (2006). Contribution of the alternative pathway to respiration during thermogenesis in flowers of the sacred lotus. Plant Physiology 140:1367–1373.
Wojtyla Ł, Adamiec A (2013) Co rośliny robią nocą? Edukacja Biologiczna i Środowiskowa 3:10-16.
Zhang H, Zhou C (2013) Signal transduction in leaf senescence. Plant Mol Biol 82:539-545.

Zgodność z podstawą programową

Biologia – IV etap edukacyjny:

Treści nauczania – wymagania szczegółowe:

IV. Przegląd różnorodności organizmów.

5. Rośliny lądowe. Uczeń:

1) porównuje warunki życia roślin w wodzie i na lądzie oraz wskazuje cechy roślin, które umożliwiły im opanowanie środowiska lądowego;

8. Rośliny – rozmnażanie się. Uczeń:

1) podaje podstawowe cechy zalążka i nasienia oraz wykazuje ich znaczenie adaptacyjne do życia na lądzie;

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Choroby mitochondrialne

Volha Paulouskaya

Streszczenie:

Mitochondria znajdują się w każdej jądrzastej komórce człowieka. Główną ich funkcją w komórce jest produkcja energii. Mitochondria jako jedyne organella w komórkach ludzkich mają swój genom – mitochondrialny DNA, co jest pozostałością po bakteryjnym przodku. Mutacje zarówno w genomie mitochondrialnym, jak i genomie jądrowym, powodują choroby mitochondrialne o bardzo różnorodnych objawach. Dysfunkcje mitochondrialne obserwuje się w wielu stanach chorobowych, m.in. w chorobach neurodegeneracyjnych.

Słowa kluczowe: dziedziczenie, genom mitochondrialny, mtDNA, mutacja, neurodegeneracja

otrzymano: 3.02.2014; przyjęto: 19.02.2014; opublikowano: 28.03.2014

Zgodność z podstawą programową

Biologia – IV etap edukacyjny

Treści nauczania – wymagania szczegółowe:

II. Budowa i funkcjonowanie komórki. Uczeń:

2) opisuje błony komórki (...),

4) opisuje budowę i funkcje mitochondriów i chloroplastów, podaje argumenty na rzecz ich endosymbiotycznego pochodzenia;

VI. Genetyka i biotechnologia.

7. Choroby genetyczne. Uczeń:

2) podaje przykłady chorób genetycznych wywoływanych przez mutacje chromosomowe i określa te mutacje (zespoły Downa, Turnera i Klinefeltera)

Volha Paulouskaya: studentka studiów II stopnia na kierunku biotechnologia (specjalność biotechnologia medyczna) Wydziału Biologii Uniwersytetu Warszawskiego

Wstęp

Mitochondria to populacja organelli komórkowych, która znajduje się w każdej jądrzastej komórce ciała człowieka. Główną funkcją mitochondriów jest produkcja energii – 90% komórkowej energii zgromadzonej w postaci ATP produkują mitochondria. Z tego powodu mitochondria są nazywane „komórkowymi elektrowniami". Oprócz produkcji energii, mitochondria biorą udział w innych ważnych funkcjach w komórce, m.in. programowanej śmierci komórkowej (apoptozie), biosyntezie aminokwasów i lipidów, podtrzymywaniu stałego stężenia wapnia w komórce. Dysfunkcje mitochondrialne prowadzą do różnorodnych chorób.

Pochodzenie i budowa mitochondriów

Na początku XX wieku naukowcy zauważyli, że budowa mitochondriów jest podobna do budowy komórek bakteryjnych. Teraz przyjmuje się, że mitochondria mają pochodzenie bakteryjne. Zgodnie z endosymbiotyczną teorią mitochondria pochodzą od komórki bakteryjnej, która stała się endosymbiontem wczesnej komórki eukariotycznej. W wyniku tego mitochondria mają dużo cech komórek bakteryjnych: kształt, podwójną membranę i kolisty genom (Andersson i wsp., 1998). Wielkością i kształtem mitochondria różnią się pomiędzy tkankami (mogą mieć wielkość od 0,5 do 10 mikrometrów), ale wszystkie te organella są zbudowane tak samo. Mitochondria mają podwójną błonę fosfolipidową: wewnętrzną i zewnętrzną. Przestrzeń pomiędzy tymi dwoma błonami nosi nazwę przestrzeni międzybłonowej. Zewnętrzna błona mitochondrialna jest przepuszczalna dla większości małych cząsteczek, dlatego chemiczny skład przestrzeni międzybłonowej jest podobny do składu chemicznego cytoplazmy. Mitochondria nie są rozmieszczone luźno w komórce; zewnętrzna błona mitochondrialna jest związana z siateczką śródplazmatyczną za pośrednictwem kompleksów białkowych. Jest to ważne dla prawidłowego funkcjonowania mitochondriów. Przestrzeń wewnątrz mitochondrium otoczona wewnętrzną błoną mitochondrialną to matriks. Mitochondria to jedyne organella w komórkach ludzkich, które mają własny materiał genetyczny. Jest to dodatkowy, obok DNA znajdującego się w jądrze komórkowym, materiał genetyczny, który określa się mianem mitochondrialnego DNA (mtDNA). mtDNA wraz z kompleksami białkowymi tworzy nukleoidy. Nukleoidy są związane z wewnętrzną błoną mitochondrialną i znajdują się w matriks.

Genom mitochondrialny

Genom mitochondrialny jest podobny do genomów bakteryjnych, ale jest od nich mniejszy. W procesie ewolucji większość genów mitochondrialnych uległa transferowi do genomu jądrowego i tylko niewielka część białek mitochondrialnych jest kodowanych przez genom mitochondrialny, pozostałe białka są kodowane przez genom jądrowy. Ludzki genom mitochondrialny to kolista dwuniciowa cząsteczka DNA zawierająca 16.569 par zasad. mtDNA zawiera 37 genów: 13 z nich kodują białka, a 24 kodują 22 tRNA i 2 rRNA, które są niezbędne do translacji 13 białek kodowanych przez genom mitochondrialny (Anderson i wsp., 1981). Wszystkie te białka to podjednostki kompleksu łańcucha oddechowego – szlaku metabolicznego prowadzącego do powstania ATP. W przeciwieństwie do genomu jądrowego, genom mitochondrialny nie zawiera intronów stanowiących fragmenty genów wycinane w trakcie syntezy ostatecznej cząsteczki mRNA. Wykorzystanie kodonów też nie jest identyczne: kodon AUA w mtDNA koduje metioninę, a nie izoleucynę; a AGA i AGG są kodonami STOP. mtDNA jest opłaszczony białkami,

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

ale o innym charakterze niż histony (Strachan i Read, 1999). Genom mitochondrialny jest przekazywany potomstwu jedynie za pośrednictwem oocytu, a mitochondria plemników nie są przyjmowane przez zygotę. Każda komórka może zawierać od kilkuset do kilku tysięcy częsteczek mtDNA, które nie muszą być identyczne. Z tego powodu dziedziczenie genomu mitochondrialnego różni się od dziedziczenia mendlowskiego.

Homoplasmia i heteroplasmia

Przyjmuje się, że w organizmie człowieka, od razu po urodzeniu, cząsteczki mtDNA są identyczne. Ale w trakcie życia mutacje w mtDNA nagromadzają się i populacja cząteczek mtDNA staje się coraz bardziej różnorodna. Zjawisko to prowadzi do stanu, który nazywa się heteroplazmią. Mówiąc prościej, heteroplazmia to taki stan, w którym cząsteczki mtDNA w obrębie jednej komórki są różne, a homoplazmia – gdy wszystkie cząsteczki mtDNA w jednej komórce są identyczne. Definicje te są przydatne, gdy mówimy o mutacjach mtDNA prowadzących do chorób. Mutacje homoplazmatyczne znajdują się we wszystkich cząsteczkach mtDNA, natomiast mutacje heteroplazmatyczne są obecne tylko w części cząsteczek mtDNA. Ze względu na to, że w komórce może się znajdować około tysiąca kopii mtDNA, mutacje mają objawy fenotypowe dopiero wtedy, gdy znacząca część cząsteczek będzie zmutowana. Istnieje wartość progowa mutacji mtDNA, która mówi, jaka część cząsteczek mtDNA musi mieć daną mutację, żeby pojawiły się objawy choroby. Liczba zmutowanych cząsteczek jest różna w poszczególnych komórkach ze względu na przypadkową ich replikację. W komórkach jest tak dużo cząsteczek mtDNA, że trudno przyjąć, by sekwencje wszystkich były identyczne. Mówi się, że dana osoba jest homoplazmatyczna, jeśli nie zidentyfikuje się u niej mutacji mtDNA. Jednak w każdej komórce naszego organizmu można znaleźć różne genotypy mitochondrialne (Taylor i Turnbull, 2005).

Mitochondrialne wąskie gardło

Mitochondrialny DNA jest dziedziczony w linii matczynej. W związku z tym można założyć, że wszystkie dzieci tej samej matki będą miały ten sam genotyp mitochondrialny. Jednak okazuje się, że w linii matczynej w jednej rodzinie można znaleźć kilka wariantów genomów mitochondrialnych (nazywanych polimorfizmami). Znaczy to, że dzieci heteroplazmatycznej matki odziedziczyły różne warianty mtDNA. W 1982 roku naukowcy z USA zauważyli, że w linii matczynej krów rasy Holstein pojawiają się dwa warianty mtDNA (Hauswirth i Laipis, 1982). Przyczyny tego zjawiska nie były znane. Teraz wiadomo, że istnieje zjawisko mitochondrialnego wąskiego gardła. Pierwotna komórka jajowa zawiera tysiące mtDNA, w różnych jego wariantach. Podczas podziałów pierwotnej komórki jajowej do każdego z oocytów pierwszego rzędu trafiają tylko niektóre cząsteczki mtDNA. Czyli oocyty pierwszego rzędu mają różne populacje mtDNA. W trakcie dojrzewania oocytu mtDNA ulega replikacji. Możliwe, że tylko niektóre mtDNA są replikowane w dojrzewającym oocycie, inne nie. Oba te procesy, czyli replikacja tylko części populacji mtDNA i transfer tylko niektórych mtDNA z pierwotnej komórki jajowej do oocytu, są przyczyną obecności więcej niż jednego mitochondrialnego genotypu w linii matczynej. Jednak molekularne podstawy wybiórczej replikacji tylko niektórych cząsteczek mtDNA nie są znane. Z powodu występowania zjawiska mitochondrialnego wąskiego gardła, bardzo trudno przewidzieć, czy kobieta z mutacjami w mtDNA przekaże je swoim dzieciom. To zależy od tego, jaką populację cząsteczek mtDNA odziedziczy dziecko i od innych czynników. Dziecko heteroplazmatycznej kobiety mającej mutacje w mtDNA może mieć niski poziom zmutowanych cząsteczek i być zdrowe, może mieć średnią ilość zmutowanego mtDNA i mieć niektóre objawy choroby, ale też mieć znaczną część zmutowanego mtDNA i mieć chorobę mitochondrialną (Wai i wsp., 2008).

Proteom mitochondrialny

Jak już wspomniano, genom mitochondrialny koduje 13 białek, które biorą udział w produkcji komórkowego ATP. Pozostałe białka niezbędne dla metabolizmu mitochondrium są kodowane przez genom jądrowy. Białka te są syntetyzowane w cytozolu, na swoim końcu N posiadają sekwencje sygnalne umożliwiające transport tych białek do mitochondriów. Szacuje się, że proteom mitochondrialny składa się z około 1400–1500 białek, większość z których jest kodowana przez genom jądrowy. Do tej pory udało się zidentyfikować około 1100 białek (Calvo i Mootha, 2010). Istnieją różne metody identyfikacji tych białek, ale żadna nie jest doskonała. Interesujący jest fakt, że połowa do tej pory zidentyfikowanych białek mitochondrialnych znajduje się w każdej komórce, natomiast druga połowa jest tkankowo specyficzna (Mootha i wsp., 2003). Niektóre z tych białek biorą udział w produkcji energii, programowanej śmierci komórki, metabolizmie lipidów i aminokwasów i innych ważnych procesach, jednak funkcje pozostałych białek mitochondrialnych nie zostały jeszcze poznane. Dysfunkcje białek mitochondrialnych prowadzą do chorób mitochondrialnych, których przyczyną mogą być mutacje tak w mtDNA, jak i w genach jądrowych.

Cechy kliniczne mutacji w mtDNA

Proces produkcji ATP, w którym bierze udział 13 białek kodowanych przez mtDNA, zachodzi w mitochondrium. Z tego powodu mutacje mtDNA za-

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

zwyczaj dotyczą tkanek o wysokim zapotrzebowaniu energetycznym, takich jak mięśnie szkieletowe, sercowe czy tkanka nerwowa. Jednak pozostałe tkanki też mogą być nimi dotknięte. Objawy chorób spowodowanych mutacjami w mtDNA mogą się pojawić w każdym wieku, wcześnie w dzieciństwie lub w wieku dojrzałym. Objawy kliniczne tych chorób są różnorodne, dotyczą wielu organów i mogą powodować: uszkodzenia obwodowego układu nerwowego, otępienie, osłabienie mięśniowe, padaczki, ataksję (niezborność ruchów), problemy z mówieniem, dysfagię (problemy z przełykaniem), kardiomiopatię, cukrzycę, uszkodzenia nerwu wzrokowego, oftalmoplegię (osłabienie mięśni odpowiedzialnych za ruch gałki ocznej), ptozę (opadanie powiek) (Taylor i Turnbull, 2005). Tak różnorodne objawy kliniczne znacznie utrudniają diagnozę. Zdiagnozowanie pacjenta z klasycznymi objawami chorób mitochondrialnych nie jest trudne, ale pacjenci mogą mieć też objawy niespecyficzne.

Główne choroby mitochondrialne

Po raz pierwszy doniesienia o chorobach mitochondrialnych pojawiły się w 1988 roku. Od tego czasu zostało zidentyfikowanych wiele mutacji w genomie mitochondrialnym i opisanych wiele chorób.

Najbardziej powszechną chorobą mitochondrialną jest neuropatia wzrokowa Lebera (LHON). Prowadzi ona do nagłej utraty wzroku u dorosłych i dotyczy głównie mężczyzn. Choroba ta jest spowodowana mutacją w jednym z 13 genów mtDNA kodujących białka. Białko to bierze udział w produkcji ATP (Wallance i wsp., 1988).

Padaczka miokloniczna z czerwonymi poszarpanymi włóknami (MERRF) jest rzadką chorobą mitochondrialną. Powoduje ona utratę słuchu, nietolerancję ćwiczeń, padaczkę i otępienie; chorzy czasem mają niski wzrost. Czerwone poszarpane włókna mięśniowe są widoczne w mikroskopie, gdy wycinek z mięsnia szkieletowego pacjenta podda się barwieniu metodą Gomoriego. Przyczyną tego zjawiska jest akumulacja niefunkcjonalnych mitochondriów pod błoną komórek mięśniowych. Kształt włókien mięśniowych jest nieregularny, dlatego obserwuje się „poszarpane" włókna mięśniowe. Przyczyną MERRF są mutacje w tRNA, która zmienia transportowany przez niego aminokwas. Tego typu mutacje prowadzą do utraty funkcji białek zaangażowanych w produkcję ATP (Schon i wsp., 2012).

Miopatia mitochondrialna, encefalopatia, kwasica mleczanowa, występowanie incydentów podobnych do udarów (MELAS) jest chorobą, która dotyczy głównie układu nerwowego i mięśniowego. Większość pacjentów z zespołem MELAS doświadcza zjawisk podobnych do udarów, które powodują zaburzenia wzroku, paraliż jednej strony ciała i migreny. Cechą unikatową tej choroby wśród innych chorób mitochondrialnych jest angiopatia. Najczęstszą mutacją spotykaną u chorych jest mutacja w genie tRNA mtDNA, ale chorobę tę powoduje też wiele innych mutacji (Kaufmann i wsp., 2011).

Zespół Leigha jest chorobą centralnego układu nerwowego powodującą utratę zdolności ruchowych i umysłowych, zwykle prowadzi do śmierci w ciągu kilku lat od momentu wystąpienia pierwszych objawów. Pierwszymi objawami mogą być trudności z przełykaniem i wymioty, czego skutkiem są zaburzenia wzrostu. Pacjenci zwykle mają trudności oddechowe. Chociaż zwykle mutacje w genach jądrowych prowadzą do zespołu Leigha, prawie co czwarty pacjent ma mutacje w mtDNA. Produkty genów, których mutacje powodują chorobę, są zaangażowane w produkcję energii (Schon i wsp., 2012).

Neurogenna miopatia z ataksją i zwyrodnieniem barwnikowym siatkówki (zespół NARP) jest chorobą powodującą objawy ze strony układu nerwowego. Objawy te są podobne do występujących w zespole Leigha; NARP jest również spowodowany mutacjami w mtDNA, w genach, których produkty biorą udział w produkcji energii. W sytuacji gdy ok. 70% cząsteczek mtDNA jest zmutowanych, pojawiają się objawy choroby. Jeśli poziom zmutowanego mtDNA wynosi ok. 90%, pacjent ma zespół Leigha dziedziczony w linii matczynej (MILS), powodowany mutacjami w mtDNA (Schon i wsp., 2012).

Odwracalna niewydolność łańcucha oddechowego jest rzadką chorobą spowodowaną homoplazmatyczną mutacją w genie tRNA mtDNA. Charakterystycznym objawem jest osłabienie mięśniowe. Co ciekawe, nie jest to „typowe" schorzenie, pacjenci mogą się wyleczyć naturalnie w ciągu dwóch lat. Z tego powodu choroba jest uważana za odwracalną.

Zespół Kearnsa-Sayre'a (KSS) rozwija się przed 20. rokiem życia. Pacjenci mają problemy z ruchem gałek ocznych ze względu na osłabione mięśnie gałek ocznych; mogą też mieć ataksję, otępienie, utratę słuchu, problemy z nerkami czy cukrzycę. Przyczyną KSS jest delecja w mtDNA, która obejmuje 12 genów mitochondrialnych (Moraes i wsp., 1989).

Postępująca zewnętrzna oftalmoplegia (PEO) zwykle rozwija się między 18 a 40 rokiem życia. Typowe objawy to opadające powieki i osłabione mięśnie gałki ocznej. Może też występować osłabienie mięśni szkieletowych. Choroba jet spowodowana mutacjami w mtDNA, ale też w genach jądrowych, produkty których są zaangażowane w utrzymanie mtDNA (Moraes i wsp., 1989).

Zespół Pearsona skutkuje problemami z powstawaniem komórek krwi, inne organy też mogą być dotknięte. Delecje w mtDNA powodują chorobę (Pearson i wsp., 1979). Połowa pacjentów umiera we wczesnym dzieciństwie; u tych, którzy przeżyją, rozwija się KSS w wieku nastoletnim.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Modele chorób mitochondrialnych

Jak wspomniano wcześniej, zarówno mutacje w mtDNA, jak i mutacje w genach jądrowych, są przyczyną chorób mitochondrialnych. Jednak jak sprawdzić, czy dana zmiana w mtDNA powoduje chorobę czy nie? I czy obserwowany fenotyp jest spowodowany mutacją w genomie mitochondrialnym czy jądrowym? Obecnie nie jest znana żadna metoda pozwalająca na wprowadzenie obcego DNA do mitochondriów, utrzymanie do w nich i jego dziedziczenie. Przez długi czas było to główną przeszkodą w badaniach nad związkiem między mutacją w mtDNA i fenotypem, który ta mutacja może powodować. Mimo tych trudności udało się poznać, czym skutkuje mutacja w mtDNA dzięki metodzie tworzenia cybryd (King i Attardi, 1989). W metodzie tej, mitochondria z mutacjami w mtDNA są przenoszone do komórek, które nie zawierają własnego mtDNA (komórki ρ^0). Najbardziej powszechną techniką stosowaną do usuwania mtDNA z komórek jest hodowla komórkowa w obecności bromku etydyny, który uniemożliwia replikację mtDNA. Komórki pozbawione mtDNA potrzebują urydyny i pirogronianu do wzrostu. Komórki ρ^0 są poddawane fuzji z cytoplastami uzyskanymi z komórek pacjenta. Cytoplastem nazywa się komórkę pozbawioną jądra komórkowego, zawiera ona jednak wszystkie pozostałe części komórki oprócz jądra. Po fuzji komórek ρ^0 z cytoplastami hoduje się je na pożywce bez urydyny i pirogronianu. Na takim podłożu rosną komórki, które mają mitochondria pacjenta, a jądra komórek ρ^0, a pozostałe komórki nie rosną na tym podłożu. Metoda tworzenia cybryd pozwala analizować skutki mutacji mtDNA; metoda ta jest też przydatna, żeby zdecydować, czy dany fenotyp jest spowodowany mutacją w mitochondrialnym czy jądrowym DNA. Dodatkowo, można też ustalić poziom heteroplazmii, który ma objawy fenotypowe.

Dziedziczenie chorób mitochondrialnych

Typ dziedziczenia choroby mitochondrialnej zależy od genu, mutacja w którym powoduje daną chorobę. Jeśli mutacja jest w genie jądrowym, to możliwe są następujące typy dziedziczenia: autosomalne recesywne, autosomalne dominujące lub sprzężone z płcią. Jeśli mutacja występuje w mtDNA, to sposób dziedziczenia trudno jest przewidzieć ze względu na heteroplazmię i mitochondrialne wąskie gardło. Jednak jeżeli nosicielem mutacji w mtDNA jest mężczyzna, to nie przekaże on jej swoim dzieciom, dlatego że mitochondria są dziedziczone w linii matczynej.

Dynamiczna struktura mitochondriów

Od dawna wiadomo, że mitochondria to organella komórkowe kształtem przypominające bakterie. Z najnowszych badań wynika, że mitochondria to organella dynamiczne: zmieniają swoją lokalizację w komórce, ciągle ulegają podziałom i łączeniu się (Chan, 2006). Dodatkowo, mitochondria pochodzące z różnych tkanek różnią się kształtem i rozmiarem. Dynamiczna struktura mitochondriów ściśle wiąże się z funkcjami, które pełnią one w komórce. Dotyczy to np. dostarczania energii w postaci ATP, która jest produkowana w mitochondriach. Doskonałym przykładem komórek zawierających dużą liczbę cząsteczek ATP są neurony, które u ludzi mogą mieć długość nawet 1 m. Są to komórki, które do przekazywania sygnału potrzebują energii z ATP: m.in. do utrzymania potencjału błonowego i czynnego transportu pęcherzyków zawierających cząsteczki neuroprzekaźnika. Zapotrzebowanie energetyczne jest wyższe w pre- i postsynaptycznych obszarach neuronów. Z tego powodu mitochondria w neuronach muszą znajdować się w rejonach o największym zapotrzebowaniu energetycznym; bardzo ważne jest, aby przetransportować mitochondria do tych miejsc w komórce.

Transport mitochondriów w neuronach

W neuronach najwięcej mitochondriów znajduje się w aksonach i dendrytach, ale to nie tam powstają mitochondria. Istnieją mechanizmy komórkowe, które dostarczają funkcjonujące mitochondria do obszarów o wysokim zapotrzebowaniu energetycznym, a uszkodzone – do ciała komórki, gdzie mogą one być naprawione lub zdegradowane. Mitochondria mogą się poruszać w dwóch kierunkach (od i do ciała komórki), podczas transportu mogą się zatrzymywać, a potem kontynuować ruch w tym samym lub innym kierunku. Mitochondria są transportowane wzdłuż mikrotubul przez białka motoryczne – kinezynę i dyneinę. Kinezyna transportuje mitochondria w kierunku „+", czyli od ciała komórki, a dyneina – w kierunku „-", czyli do ciała komórki. Oba te białka motoryczne wykorzystują energię ATP do swoich funkcji. Transport mitochondrialny jest bardzo ważnym mechanizmem, który reguluje lokalny poziom energii w komórkach (Glater i wsp., 2006; Hollenbeck i Saxton, 2005).

Podziały i łączenie się mitochondriów

Mitochondria to struktury dynamiczne; kształt, długość i liczba mitochondriów w komórce ciągle się zmienia ze względu na procesy łączenia się (fuzji) i podziałów mitochondrialnych. Mitochondria są otoczone podwójną błoną: zewnętrzną i wewnętrzną. Obie te błony biorą udział w procesach fuzji i podziałów mitochondrialnych. W procesie fuzji błony zewnętrzna i wewnętrzne mitochondriów łączą się i zawartości organelli, łącznie z mtDNA, ulegają przemieszaniu. Proces ten jest regulowany przez kilka bia-

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

łek; u ludzi są to mitofuzyna 1 i 2 (MFN1 i MFN2), niezbędna do fuzji błony zewnętrznej oraz białko OPA1, niezbędne dla fuzji wewnętrznej błony mitochondrialnej (Chen i wsp., 2003). Podziały mitochondrialne są kontrolowane przez białko Drp1, które jest rekrutowane do mitochondriów w trakcie podziałów, i innych białek związanych z błoną mitochondrialną (Smirnova i wsp., 2001). Fuzje i podziały zmieniają kształt mitochondriów, prowadzą do powstania długich mitochondriów, ale w mniejszej liczbie, lub do krótkich w większej liczbie. W zdrowych komórkach procesy podziałów mitochondrialnych zachodzą mniej więcej z taką samą częstością, jak procesy łączenia się tych organelli. Dzięki temu liczba mitochondriów w takich komórkach jest mniej więcej stała. W warunkach stresowych, przy braku składników odżywczych, mitochondria łączą się; natomiast podziały mitochondrialne umożliwiają kontrolę jakości: jeśli jakaś część mitochondrium jest uszkodzona, podziały mitochondrialne umożliwiają odizolowanie tego uszkodzonego fragmentu i dalszą jego degradację (Chen i wsp., 2005). W zdrowych komórkach większość mitochondriów funkcjonuje prawidłowo, ale niektóre są niefunkcjonalne: mogą nie mieć mtDNA lub zawierać zmutowany mtDNA. Takie niefunkcjonalne mitochondria mogą się połączyć z normalnymi. Zawartości tych organelli, łącznie z mtDNA, mieszają się, a następnie następuje podział połączonych mitochondriów. W wyniku tych procesów niefunkcjonalne mitochondria dostają prawidłowy mtDNA, który umożliwia im normalne funkcjonowanie (Detmer i Chan, 2007). W przypadku, gdy białka biorące udział w procesach podziałów i łączenia się mitochondriów nie działają prawidłowo, funkcje uszkodzonych mitochondriów nie mogą zostać przywrócone. Szereg ludzkich chorób jest związany właśnie z zaburzeniami dynamiki łączenia się i podziałów mitochondriów.

Udział w neurodegeneracji

Komórkami szczególnie wrażliwymi na zaburzenia dynamiki mitochondriów – transportu, fuzji i podziałów – są neurony. Dysfunkcje białek zaangażowanych w te procesy prowadzą do chorób neurodegeneracyjnych. Co ciekawe, mutacje w genach *MFN2* i *OPA1*, których produkty zaangażowane są w fuzje mitochondriów, prowadzą do różnych chorób, odpowiednio: do choroby Charcota-Mariego-Tootha (CMT2A) i dominującej atrofii wzrokowej (DOA). CMT2A jest neuropatią dotyczącą neuronów ruchowych i czuciowych, a DOA prowadzi do degeneracji komórek siatkówki i problemów z widzeniem, a nawet ślepoty. Oprócz innych ważnych funkcji, mitochondria pełnią kluczową rolę w aktywacji programowanej śmierci komórkowej (apoptozy). Zaburzenia dynamiki mitochondriów mogą prowadzić do śmierci neuronów. Badania ostatnich lat wykazały, że w chorobach neurodegeneracyjnych wieku późnego, takich jak choroba Alzheimera, Huntingtona czy Parkinsona, obserwuje się zaburzenia morfologii mitochondriów. Co więcej, kontrola nad dynamiką mitochondriów może do pewnego stopnia zapobiec śmierci neuronów w tych chorobach (Chen i Chan, 2009).

Choroba Huntingtona

Choroba Huntingtona jest autosomalną dominującą chorobą, która spowodowana jest ekspansją trójki nukleotydów (CAG) w genie kodującym huntingtynę. Objawy choroby pojawiają się, gdy liczba powtórzeń trinukleotydu CAG, który koduje glutaminę, jest w tym genie większa od 36; huntingtyna mająca w swojej sekwencji ciąg 36 glutamin i więcej znacznie częściej ulega agregacji. Zwykle objawy choroby pojawiają się w wieku 40 lat, chorzy mają zaburzenia ruchu, problemy z połykaniem, sztywne mięśnie, tracą nabyte już zdolności i mają problemy z koncentracją. W komórkach pacjentów zaobserwowano dysfunkcje mitochondriów, brak równowagi pomiędzy ich łączeniem się a podziałami. W komórce huntingtyna lokalizuje się w cytoplazmie i jest połączona z siateczką śródplazmatyczną i mitochondriami. Chociaż huntingtyna ulega ekspresji w każdej komórce, zmutowana jej forma uszkadza tylko neurony w niektórych obszarach mózgowia, co prowadzi do ich apoptotycznej śmierci. Przyczyny tego zjawiska nie są na razie znane. Badania nad huntingtyną mającą 74 powtórzenia glutaminy wykazały, że komórki, w których taka huntingtyna ulega ekspesji, mają zmniejszoną częstość łączenia się mitochondriów. Poziom białka Drp1 jest w tych komórkach podwyższony, co prowadzi do wzmożonych podziałów mitochondrialnych. Nadekspresja mitofuzyny 2, która jest niezbędna do fuzji zewnętrznej błony mitochondrialnej, może zmniejszyć poziom apoptozy. Oznacza to, że zahamowanie podziałów (czyli białka Drp1) może częściowo zapobiec obumieraniu neuronów i rozwoju choroby Huntingtona. Jednak mechanizmy, które prowadzą do dysfunkcji komórek w tej chorobie, nie są jeszcze znane i trudno powiedzieć, że zmniejszona częstość podziałów mitochondrialnych może zapobiec dysfunkcji i obumieraniu neuronów (Costa i wsp., 2010).

Choroba Alzheimera

Choroba Alzheimera jest najczęstszą postaci otępienia wieku późnego i charakteryzuje się utratą pamięci, problemami intelektualnymi i z zachowaniem, co jest spowodowane degeneracją neuronów kory mózgowej. Jest to choroba postępująca, objawy pogarszają się z czasem. Mechanizmy molekularne prowadzące do choroby nie są do końca poznane, ale wiadomo, że w mózgach pacjentów znajdują się blaszki amyloidowe zbudowane ze zagregowanego peptydu Aβ. Peptyd Aβ

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

powstaje z białka prekursorowego APP po jego cięciu proteolitycznym. U myszy z nadekspresją APP obserwuje się blaszki amyloidowe, co prowadzi do utraty neuronów. Anomalie mitochondrialne są obserwowane w komórkach mózgowych pacjentów. Uważa się, że peptyd Aβ może oddziaływać z mitochondriami, co byłoby przyczyną jego efektu toksycznego. W komórkach, w których znajdują się blaszki amyloidowe, obserwuje się wzmożone podziały mitochondrialne, zaburzenia produkcji energii i zmiany morfologii mitochondriów. Sugeruje się, że Aβ może aktywować Drp1 i przez to zwiększać częstość podziałów. Odkładanie się blaszek amyloidowych może wpływać na transport mitochodnriów (Santos i wsp., 2010).

Choroba Parkinsona

Choroba Parkinsona jest drugą pod względem częstości występowania chorobą neurodegeneracyjną wieku późnego, prowadzi ona do utraty neuronów dopaminergicznych i ma szereg objawów, takich jak spowolnione ruchy, trzęsienie się kończyn, sztywne mięśnie i spowolniona mowa. Leczenie może złagodzić objawy, ale choroba jest nieuleczalna. W przeciwieństwie do choroby Alzheimera i Huntingtona, dysfunkcje mitochondrialne są raczej przyczyną, a nie skutkiem choroby Parkinsona. Toksyny mitochondrialne powodują objawy charakterystyczne dla choroby Parkinsona. Choroba ta może być spowodowana mutacjami w genach kodujących m.in. alfa-synukleinę, PINK1 i parkinę, ale mutacje w mtDNA też mogą zwiększać prawdopodobieństwo zachorowania. Alfa-synukleina jest małym białkiem biorącym udział w neurotransmisji, jednak nie znamy jeszcze jego dokładnej roli. Na końcu N tego białka znajduje się sekwencja sygnalna kierująca białko do mitochondrium; nadekspresja powoduje zwiększenie produkcji wolnych rodników (ROS) przez mitochondria. Mutacje *PINK1* również wpływają na funkcje mitochondrialne. PINK1 ulega ekspresji w komórkach mózgu, może się lokalizować w mitochondrium. Zmutowana forma *PINK1* prowadzi do utraty neuronów dopaminergicznych, ale w jaki sposób to się dzieje, pozostaje niejasne. Parkina jest białkiem zaangażowanym w kontrolę jakości mitochondriów, białko to znajduje się w cytoplazmie, ale w warunkach stresowych jest rekrutowane do mitochondriów. W wyniku tego procesu mitochondria są degradowane. Oznacza to, że parkina może prowadzić do usuwania uszkodzonych mitochondriów. Badania ostatnich lat wykazały, że zarówno parkina, jak i PINK1 są zaangażowane w procesy podziałów mitochondrialnych. Jednak oddziaływanie tych białek na te procesy może nie być bezpośrednie. Powiększone mitochondria obserwuje się w komórkach ze zmutowaną wersją PINK1 i parkiny (Exner i wsp., 2012).

Podsumowując, zaburzenia dynamiki mitochondriów są typowym zjawiskiem obserwowanym w wielu stanach chorobowych, ale nie znamy dokładnych mechanizmów prowadzących do tego rodzaju zaburzeń. W wielu chorobach neurodegeneracyjnych obserwuje się brak równowagi między podziałami i fuzją mitochondriów, a zależność tych zjawisk w stosunku do częstości zachorowań pacjentów na choroby neurodegeneracyjne nie jest jednoznaczna. Nie ulega jednak wątpliwości, że prawidłowa dynamika mitochondriów jest kluczowa dla normalnego funkcjonowania komórki. Prawdziwym wyzwaniem jest wyjaśnienie rzeczywistej zależności między dysfunkcją mitochondriów a chorobami neurodegeneracyjnymi. Odkrycia te mogą sprawić, że choroby te staną się wreszcie uleczalne.

Podsumowanie

Mitochondria pełnią ważną rolę w wielu komórkowych procesach. Dysfunkcje tych organelli prowadzą do chorób mitochondrialnych, których przyczyną mogą być mutacje w genach jądrowych lub mtDNA. Ze względu na heteroplazmię i mitochondrialne wąskie gardło trudno jest przewidzieć dziedziczenie chorób spowodowanych mutacjami w mtDNA. Mitochondria to struktury dynamiczne, ulegają procesom podziałów i łączenia się, są transportowane do miejsc w komórce o największym zapotrzebowaniu energetycznym. Neurony są szczególnie wrażliwe na zaburzenia dynamiki mitochondriów, co wiąże się z wieloma chorobami neurodegeneracyjnymi. Lepsze zrozumienie udziału mitochondriów w tych chorobach może być pomocne w znalezieniu sposobów terapii.

Literatura:

Anderson S, Bankier AT, Barrell BG, de Bruijn MHL, Coulson AR, Drouin j, Eperon IC, Nierlich DP, Roe BA, Sanger F, Schreier PH, Smith AJH, Staden R i Young IG (1981). Sequence and organisation of the human mitochondrial genome. *Nature*, April 290: 457-465.

Andersson SG, Zomorodipour A, Andersson JO, Sicheritz-Pontén T, Alsmark UC, Podowski RM, Näslund AK, Eriksson AS, Winkler HH, Kurland CG (1998). The genome sequence of Rickettsia prowazekii and the origin of mitochondria. *Nature*, Nov 12;396(6707):133-40.

Calvo SE, Mootha VK (2010). The mitochondrial proteome and human disease. *Annu Rev Genomics Hum Genet*, 11:25-44.

Chan DC (2006). Mitochondrial fusion and fission in mammals. *Annu Rev Cell Dev Biol.*, 22:79-99.

Chen H and Chan DC (2009). Mitochondrial dynamics–fusion, fission, movement, and mitophagy in neurodegenerative diseases. *Hum Mol Genet.*, October 15; 18(R2): R169–R176.

Chen H, Chomyn A, Chan DC (2005). Disruption of fusion results in mitochondrial heterogeneity and dysfunction. *J Biol Chem.*, 15;280(28):26185-92.

Chen H, Detmer SA, Ewald AJ, Griffin EE, Fraser SE, Chan DC (2003). Mitofusins Mfn1 and Mfn2 coordinately regulate mito-

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

chondrial fusion and are essential for embryonic development. *J Cell Biol.*, Jan 20;160(2):189-200.

Costa V, Giacomello M, Hudec R, Lopreiato R, Ermak G, Lim D, Malorni W, Davies KJ, Carafoli E, Scorrano L (2010). Mitochondrial fission and cristae disruption increase the response of cell models of Huntington's disease to apoptotic stimuli. *EMBO Mol Med.*, Dec;2(12):490-503.

Detmer SA, Chan DC (2007). Functions and dysfunctions of mitochondrial dynamics. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, Nov 8:870-879.

Exner N, Lutz AK, Haass C, Winklhofer KF (2012). Mitochondrial dysfunction in Parkinson's disease: molecular mechanisms and pathophysiological consequences. *EMBO J.*, Jun 26;31(14):3038-3062.

Glater EE, Megeath LJ, Stowers RS, Schwarz TL (2006). Axonal transport of mitochondria requires milton to recruit kinesin heavy chain and is light chain independent. *J Cell Biol.*, May 22;173(4):545-57.

Hauswirth WW, Laipis PJ (1982). Mitochondrial DNA polymorphism in a maternal lineage of Holstein cows. *Proc Natl Acad Sci USA.*, Aug; 79(15):4686-90.

Hollenbeck PJ, William M, Saxton WM (2005). The axonal transport of mitochondria. *J Cell Sci.*, December 1; 118(Pt 23):5411-5419.

Kaufmann P, Engelstad K, Wei Y, Kulikova R, Oskoui M, Sproule DM, Battista V, Koenigsberger DY, Pascual JM, Shanske S, Sano M, Mao X, Hirano M, Shungu DC, Dimauro S, De Vivo DC (2011). Natural history of MELAS associated with mitochondrial DNA m.3243A>G genotype. *Neurology.* Nov 29;77(22):1965-71. doi: 10.1212/WNL.0b013e31823a0c7f. Epub. Nov, 16.

King MP, Attardi G (1989). Human cells lacking mtDNA: repopulation with exogenous mitochondria by complementation. *Science*, Oct 27;246(4929):500-503.

Mootha VK, Bunkenborg J, Olsen JV, Hjerrild M, Wisniewski JR, Stahl E, Bolouri MS, Ray HN, Sihag S, Kamal M, Patterson N, Lander ES, Mann M (2003). Integrated analysis of protein composition, tissue diversity, and gene regulation in mouse mitochondria. *Cell.*, Nov 26; 115(5):629-40.

Moraes CT, DiMauro S, Zeviani M, Lombes A, Shanske S, Miranda AF, Nakase H, Bonilla E, Werneck LC, Servidei S, et al. (1989). Mitochondrial DNA deletions in progressive external ophthalmoplegia and Kearns-Sayre syndrome. *N Engl J Med.*, May 18; 320(20):1293-9.

Pearson HA, Lobel JS, Kocoshis SA, Naiman JL, Windmiller J, Lammi AT, Hoffman R, Marsh JC (1979). A new syndrome of refractory sideroblastic anemia with vacuolization of marrow precursors and exocrine pancreatic dysfunction. *J Pediatr.*, Dec;95(6):976-84

Santos RX, Correia SC, Wang X, Perry G, Smith MA, Moreira PI, Zhu X. Alzheimer's disease: diverse aspects of mitochondrial malfunctioning. *Int J Clin Exp Pathol.*, Jun 25; 3(6):570-81.

Schon EA, DiMauro S, Hirano M (2012). Human mitochondrial DNA: roles of inherited and somatic mutations. *Nat Rev Genet.*, Dec; 13(12):878-890.

Smirnova E, Griparic L, Shurland DL, van der Bliek AM (2001). Dynamin-related protein Drp1 is required for mitochondrial division in mammalian cells. *Mol Biol Cell.*, Aug; 12(8):2245-56.

Strachan T, Read AP (1999). *Human Molecular genetics*. 2nd ed, John Wiley and Sons, New York.

Taylor RW, Turnbull DM (2005). Mitochondrial DNA mutations in human disease. *Nat Rev Genet.*, May; 6(5):389-402.

Wai T, Teoli D, Shoubridge EA (2008). The mitochondrial DNA genetic bottleneck results from replication of subpopulation of genomes. *Nat Genet.*, Dec; 40(12):1484-8.

Wallace DC, Singh G, Lott MT, Hodge JA, Schurr TG, Lezza AM, Elsas LJ 2nd, Nikoskelainen EK (1988). Mitochondrial DNA mutation associated with Leber's hereditary optic neuropathy. *Science.*, Dec; 242(4884):1427-30.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Symbolika muszli w kulturach świata

Eliza Rybska

Streszczenie:

Celem niniejszego artykułu jest dokonanie selektywnego przeglądu literaturowego i zaprezentowanie muszli jako obiektu w kontekście kulturowym. Główna część dotyczy symboliki muszli i jej artystycznych reprezentacji. W literaturze spotkać można ponad 30 symboli lub symbolicznych reprezentacji muszli, które zgrupowane zostały w 7 głównych kategoriach. Każda grupa symboli została krótko scharakteryzowana i poparta przykładami zaczerpniętymi z kultury, sztuki czy mitologii. Szczególną uwagę poświęcono ciekawym z antropologicznego punktu widzenia znaczeniom muszli opisujących cechy i zachowania człowieka.

Słowa kluczowe: symbol, symbolika muszli, natura i kultura

otrzymano: 16.01.2014; przyjęto: 4.02.2014; opublikowano: 28.03.2014

Zgodne z podstawą programową

przedmiot uzupełniający Przyroda – IV etap edukacyjny

Wątki tematyczne:

16. Nauka i sztuka

22. Piękno i uroda

dr Eliza Rybska: Wydziałowa Pracownia Dydaktyki Biologii i Przyrody Wydziału Biologii Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu

Wprowadzenie

O potrzebie nauczania zintegrowanego czy holistycznego pisze się nie od dziś (Bereźnicki, 1999). Poprzez nauczanie zintegrowane rozumiem takie, które polega na scalaniu rozproszonych informacji (treści) (Zaczyński 1996, s. 420). W nauczaniu szkolnym informacje są rozproszone w wielu różnych przedmiotach. Do tej pory trudno było jednak realizować na etapie szkoły gimnazjalnej i ponadgimnazjalnej typ kształcenia, który umożliwiałby holistyczny ogląd świata. Pomysłem, który miał realizować taką wizję kształcenia, miały być ścieżki międzyprzedmiotowe (Podstawa programowa z 2002 r., Dz. U. Nr 51, poz. 458). W obowiązującej obecnie Podstawie programowej (z 2012 r., Dz. U. poz. 977) istnieją również pewne możliwości realizacji choćby niektórych treści w sposób zintegrowany poprzez wprowadzenie projektów na III poziomie edukacyjnym jako obowiązkowego elementu nauczania czy pomysł nowego przedmiotu na IV poziomie edukacyjnym, jakim jest przyroda. W opisie tego przedmiotu w wątku 16 „Nauka i sztuka", temat 3 brzmi: „16.3. identyfikacja materiałów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego używanych przez dawnych artystów; symbolika przedstawień roślin i zwierząt na obrazach; sztuka a epidemiologia (choroby ludzi, zwierząt i roślin utrwalone w dawnej sztuce)". Wskazuje on na potrzebę integrowania informacji z różnych dziedzin nauki i kultury. O roli, jaką może odegrać wprowadzenie sztuki do edukacji, przekonali się założyciele Centrum Leonarda Bernsteina, które zajmuje się przygotowaniem nauczycieli, szkół i społeczności do wprowadzenia procesu artystycznego w nauczaniu wszystkich przedmiotów szkolnych[1]. We wspomnianym Centrum opracowano metodę „Artful Learning" (co można przetłumaczyć jako uczenie przez sztukę). Wprowadzając ją w szkołach plasujących się z wynikami testów zewnętrznych w dolnej ćwiartce, jej twórcy odnotowali znaczące postępy w osiągnięciach swoich podopiecznych. Istnieją dane potwierdzające, że wprowadzenie sztuki jako narzędzia w edukacji daje wymierne korzyści. Uczenie się przez sztukę poprawia wyniki w nauce, rozwija podstawowe umiejętności, takie jak czytanie, umiejętności matematyczne, poprawia umiejętność krytycznego myślenia (Ewing, 2010) ułatwia kreatywne rozwiązywanie problemów (Foshay, 1998), umiejętności pisania tekstów poprzez zachęcanie do twórczego myślenia czy czytanie ze zrozumieniem (Gibson i Larson, 2007). Vetulani (2011) podkreśla, że „sztuka, jej odbiór i jej tworzenie, są immanentnymi i swoistymi cechami natury ludzkiej i są czynnikami aktywującymi całość działania mózgu. Uczenie się odbioru sztuki i produkowania sztuki rozwija naszą uwagę poznawczą, a wraz z nią wszystkie aspekty poznawcze naszego mózgu i powinno być szczególnie promowane na wszystkich (…) szczeblach edukacji".

1 Zob. http://www.leonardbernstein.com/lbcenter.htm.

O sztuce i symbolice

Kultura, a w szczególności sztuka, wydaje się być immanentną częścią istnienia gatunku *Homo sapiens*. Pierwsze ryciny pojawiały się już w jaskiniach jako naskalne reprezentacje otaczającego świata. Wielu uczonych zastanawiało się i nadal zastanawia, czy sztuka może być uznana za wyznacznik człowieczeństwa (Gombrich, 2008; Vetulani, 2011; Gazzaniga, 2011). Sztuka jest m.in. formą komunikowania się artysty ze światem. Może być uznawana za formę przekazu, którego zadaniem jest nie tylko przedstawienie swoich emocji przez artystę, lecz także wywołanie określonych emocji u odbiorcy. Gibson (2009) pisze, że „sztuka komunikuje się głównie przez «anegdotę» i symbolikę, a symbol jest czymś, co należy odczytać, aby zrozumieć całe dzieło". Nasz mózg również posługuje się symbo-

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

lami, a symbole te są nie tylko obrazowe, symboliczny jest również system słów (Maruszewski, 2011). Z kolei, jak podaje Ramachandran (2004), „dzieło malarskie jest (…) spreparowanym przez artystę «super bodźcem» pobudzającym silnie mózg ludzki".

Na potrzeby niniejszego artykułu przyjmę definicję symbolu za Kopalińskim (2007), który podaje, że symbolem są przedmioty – pojęcia, wyobrażenia, przeżycia związane jakimś wewnętrznym stosunkiem (współbrzmiące, kojarzące się, mające „wspólny rytm") z innym przedmiotem, pojęciem itd. Analiza symboliki nie jest łatwa, gdyż zawiera w sobie niejednoznaczność, zmienność, a czasem nawet sprzeczność. Impelluso (2006) wskazuje, że przed Oświeceniem „świat natury obfitował w znaczenia symboliczne tak głębokie, że współczesny człowiek nie jest w stanie ich zrozumieć, to, co wydaje się być zwykłą martwą naturą, może kryć w sobie niezwykłe bogactwo znaczeń, każdy owoc, kwiat czy zwierzę symbolizuje pewną szczególną cechę". Wskazuje on też, że symbolika jest zakorzeniona w kulturze humanistycznej, której centrum jest człowiek, ale zawsze w kontakcie z naturą i jej przejawami, takimi jak piękno rozwijającego się kwiatu.

Również Eliade (1998) pisze, że „Myślenie symboliczne nie jest wyłącznie domeną dziecka, poety czy osoby niezrównoważonej psychicznie: jest ono nieodłącznie związane z ludzkim istnieniem, poprzedza mowę i myśl dyskursywną. Symbol odsłania pewne aspekty rzeczywistości – te najgłębsze – które wymykają się wszelkim innym sposobom poznania".

Muszle w kulturze

Muszle ślimaków i małży od wieków zachwycały swoim pięknem i inspirowały rzesze artystów. Jak podaje Zieliński (2001), „W wiekach XVI i XVII muszle stały się tematem licznych artystycznych przedstawień martwych natur, a we Francji i w Holandii powstały szkoły malarskie, które odwzorowywały piękno barw i kształtów wytworzonych przez mięczaki mórz i oceanów. Muszle jako tworzywo do wyrobów wykorzystywali złotnicy i rzeźbiarze. Niedoścignione wzory biżuterii i innych wyrobów rzemiosła artystycznego pochodzą z XVI i XVII w. Są między nimi wykonane z wykorzystaniem muszli ślimaków lub głowonoga łodzika (*Nautilus sp.*) puchary typu *nautilus*" (fot. 1). Często stanowiły one obiekt wymiany lub handlu. Znane wielu podróżnikom muszelki porcelanek (określanych potoczną nazwą kauri) *Cypraea annulus i C. moneta* były używane przez ludy pierwotne jako środek płatniczy już ponad 4000 lat temu, jeszcze zanim Fenicjanie wprowadzili do powszechnego obiegu pieniądze (Samek, 1992; Biedermann, 2001; Lakshmi, 2011). Prawdopodobnie pierwszymi, którzy wprowadzili je jako środek płatniczy do obiegu, byli Chińczycy (Lakshmi, 2011). Jako środek płatniczy miały też być wypłacane góralom z Podhala, którzy wyrabiali dobrej jakości płótno lniane. Jak wyjaśnia Zygmunt Kuchta, szef bukowiańskiego Domu Ludowego, gdy górale dużo zarobili, to chcieli się pochwalić i umieszczali na kapeluszach łańcuszki z muszelkami kauri. Z kolei Roman Dzioboń nowotarski poeta i działacz Związku Podhalan twierdzi, że górale nosili te muszelki, bo biel ładnie kontrastowała z czernią kapelusza, mieli w tym celu używać też rzemyka lub innych kontrastujących z kapeluszem ozdób. Klein w „Krotkim opisie Tatr" (tłum. Radzikowski, 1897, za Szaflarski, 1972) podaje, że górale przywozili muszle znad morza Adriatyckiego, obrabiali je na kamieniach, ścierając wypukłość tak, że powstawały otworki, przez które nawlekali je na barwny, zazwyczaj czerwony, powrózeczek wełniany. Ponieważ muszle stanowiły środek płatniczy, dla ułatwienia liczenia muszelki nawlekano po sto na sznurek i zliczano dopiero takie wianki.

Fot. 1. Puchar typu Nautilius ze zbiorów rodziny królewskiej Rosenborg Castle, Kopenhaga, Dania

Piękno muszli było wykorzystywane również w sztuce użytkowej, m.in. do wyrobu biżuterii. Przykładem mogą być tu muszle z rodziny Trochidae (*Tectus niloticus*) (Samek, 1992). Pierwsza biżuteria – koraliki sprzed 82 000 lat – zostały odkryte w wapiennej jaskini Grotte des Pigeons (Taforalt, Morocco), w Północnej Afryce. Były one ręcznie wykonanymi koralikami z perforowanych muszli *Nassarius gibbosulus* (Bouzouggar

Fot. 2. Współczesna biżuteria wykonana z muszli ślimaków morskich

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

i wsp., 2007). W Indiach muszle licznych gatunków ślimaków (z rodzajów: *Cerithium*, *Cerithedia*, *Phalium*, *Planaxts Conus*) i małży (z rodzajów: *Donax*, *Atactodea*, *Area*, *Cardium* i *Scaphopoda*) są wykorzystywane w wyrabianiu modeli lalek (Appukuttan i Ramadoss, 2000). Stosowana do dziś nazwa porcelana wzięła się stąd, że podróżnik Marco Polo w trakcie pobytu w Chinach oglądał błyszczącą chińską ceramikę i jej wygląd skojarzył mu się z niewielkimi muszlami porcelanek (*Cypraea lurida*) pochodzącymi znad Morza Śródziemnego i używanymi we Włoszech jako amulety. W Italii „porceletta" oznacza „małą świnkę" ze względu na wygląd głowy ślimaka *C. lurida*, który przypomina ryjek świnki. Przynoszące szczęście „porceletty" są produkowane również dzisiaj i nadal sprzedawane we Włoszech jako amulety (Chądzyński, 2008). Inna hipoteza mówi natomiast, że nazwa „porcelana" pochodzi od portugalskiego słowa „porcella", które oznacza muszlę (Selwa, 2002).

Fot. 3. Łyżeczka z *Cypraea*. Rosenborg Castle, Kopenhaga, Dania

Muszle zauważalne są w dziełach malarskich. Ich piękno, barwy i kształty musiały zachwycać artystów. Szczególnie zauważalne jest temat muszli w malarstwie wanitatywnym, nawiązującym do przemijania i cechującym się bogatą symboliką.

Muszle były i nadal są przedmiotem kolekcjonerskim i – jak podaje Lakshmi (2011) – powodów, dla których ludzie kolekcjonują muszle jest prawdopodobnie tyle, ilu kolekcjonerów. Co ciekawe, autor wskazuje również na wkład kolekcjonerów w rozwój przemysłu i światowych koncernów czy wypraw odkrywczych. Przykładowo, nurkowanie było częściowo wspierane przez ludzi, którzy zainteresowani byli poszukiwaniami muszli niektórych gatunków ślimaków (Lakshmi, 2011). Kolekcjonerstwo ma starożytne korzenie. Muszle miał już kolekcjonować Arystoteles, twierdząc przy tym, że „ich wyszukane formy i kolory nie tylko zapierają dech w piersiach, ale także uskrzydlają wyobraźnię" (Chądzyński, 2008). Kolekcjonerstwo ma również arystokratyczne tradycje. Do najstarszych kolekcji muszli zaliczyć można tę znalezioną w ruinach Pompei (Samek, 1992). Ludzie kolekcjonowali muszle nie tylko w profesjonalnych zbiorach, ale ze względu na ich piękno, także w celach pamiątkarskich. Do wyrobu pamiątek używane są najczęściej muszle ślimaków z rodziny turbanów Turbinidae, z których wyróżnia się urodą *Turbo sarmaticus* czy rodziny porcelanek Cypraeidae z chyba najbardziej znaną *Cypraea tigris*, a także rodzina rozkolcowatych Muricidae z bladoróżową *Murex ramosus* o filigranowych wyrostkach (Samek, 1992). Na obszarze Bliskiego Wschodu możemy dość łatwo znaleźć lampy naftowe wykonane z muszli – *Hippopus hippopus* lub *Lambis sp.* (Lakshmi, 2011).

Muszle wzbudzały również zainteresowanie architektów. Kształt muszli jako element dekoracyjny był często wykorzystywany przez Greków, Rzymian czy Fenicjan (Lakshmi, 2011). Ponadto „około 1730 roku

Fot. 4. Rzeźba, Jean Baptiste Carpeaux (1827–1875), *The Girl with the Conch Shell*, Ny Carlsberg Glyptotek, Kopenhaga, Dania

wykształcił się charakterystyczny dla rokoko ornament, o fantazyjnej asymetrycznej formie, płynnych i postrzępionych konturach, imitujący kształty stylizowanych muszli. W sztuce znany jest on pod nazwą rocaille, a czasem bywa nazywany wprost ornamentem muszlowym" (Zieliński, 2001). Bywały też elementem rzeźb (fot. 4).

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Muszle były również i nierzadko nadal są wykorzystywane w medycynie. Swego czasu miały być amuletami chroniącymi przed chorobami czy niepowodzeniem. Jad niektórych ślimaków z rodziny stożków Conidae jest używany jako pomoc dla ofiar udaru czy osób cierpiących na różne dolegliwości serca. Natomiast muszle ostryg są używane jako suplementy wapnia (Lakshmi, 2011).

Od wieków człowieka fascynowało również piękno i symetria wyrażona w kształcie muszli ślimaków (Lakshmi, 2011). Regułę złotego podziału i ciąg Fibonacciego, opisujące pewne struktury naturalne, inspirowały nie tylko matematyków, lecz także artystów. Natura obfituje zresztą w przykłady takich symetrii – odnajdziemy je zarówno w świecie roślinnym, jak i zwierzęcym: w szyszkach sosny, kwiatach stokrotki czy słonecznika, ludzkiej twarzy oraz w muszli ślimaków i głowonogów (Kaygin i wsp., 2011).

Muszla symbolem

Piękno muszli skłaniało artystów do używania tych wytworów natury jako obiektów sztuki. Muszle stawały się środkiem przekazu i symbolem, zwłaszcza w malarstwie wanitatywnym, które odnosiło się do przemijania, upływu czasu, ulotności tego, co ziemskie. W słowniku symboli Kopalińskiego (2007) możemy znaleźć wiele metaforycznych znaczeń dla muszli i kilka dodatkowych symboli związanych z nimi. Muszla oznacza więc:

- Księżyc, bóstwo, słowo boże,
- pielgrzymkę, proroctwo, duszę ludzką,
- umysł, odkrycie naukowe,
- charakter, szlachectwo, królewskość,
- muzykę, słuch, szum morza, żeglugę,
- niedostępność, ochronę życia,
- pociąg seksualny, długowieczność, płodność, dziewictwo, niepokalane poczęcie,
- nieśmiertelność, śmierć,
- powściągliwość, bezczynność, lenistwo, osobowość,
- odludka, mizantropa.

Symbole te pogrupować można w siedem kategorii:

1) związane z przyrodą nieożywioną,
2) związane ze światem dźwięków i muzyki,
3) występujące z mitach, legendach, będące atrybutami bóstw,
4) motyw płodności i narodzin,
5) motyw zbawienia i pielgrzymek,
6) motyw śmierci, grobu, wycofania,
7) związane z cechami człowieka jak: bezbronność, królewskość, władza, pieniądze, umysł, charakter czy zazdrość.

Symbole związane z przyrodą nieożywioną

Muszle morskich mięczaków symbolizują wodę (Eliade, 2009). Wśród prekolumbijskich mieszkańców Meksyku muszle uważane były za symbol wody, deszczu i burzy – dopatrywano się podobieństwa pomiędzy skrętem muszli ślimaka a wirującym wzorem burzy (Tax, 1995; Taube, 2004). Muszla ślimaka z rodziny skrzydelnikowatych Strombidae (*Lambis*), była wzorem dla chińskiego i japońskiego znaku „sui" – który oznacza słowo woda. Być może z tego powodu muszle owego ślimaka przybijano na drzwiach domostw, aby chroniły mieszkańców przed pożarem (Chądzyński, 2008). Z muszli *Strombus costatus* Olmekowie wyrabiali narzędzia podobne do kastetów, które mogły służyć jako broń, choć były głównie symbolem chmur i deszczu (Taube, 2004).

Muszle to także amulet żeglarski; symbolizują one udaną podróż, zwłaszcza morską (Kopaliński, 2007; Martin, 2005). Mieszkańcy Wysp Salomona do niedawna zawieszali na dziobach swych łodzi wojennych sznury białych muszli pochodzących od ślimaka z rodzaju *Ovula ovum*. Amulet ten miał umożliwiać statkom odnajdywanie właściwej drogi na morzu (zwłaszcza nocą) (Dworczyk i Dworczyk, 1996). Porcelanki (jak *C. tigris*) były przyczepiane do sieci rybackich mając przynosić szczęście i pomyślne łowy, lecz także służyć jako odważniki (Joseph, 2005). Indiańskich bogów wiatru często przedstawiano pod postacią ślimaków. Bóg wiatru Majów miał zamieszkiwać właśnie we wnętrzu muszli ślimaków (Ingalls, 2009). W starożytnych Chinach ostrygi i inne mięczaki związane były z sakralnym charakterem księżyca i były nośnikiem mocy akwatycznych – według wierzeń ciało ślimaka miało nie być pełne (czyli być niejako zmniejszone), kiedy księżyc był „martwy", zaś małże – podobnie jak kraby i żółwie – mają się cechować tym, że rosną i maleją wraz z księżycem (Eliade, 2009). W sztuce pogańskiej i chrześcijańskiej występuje personifikacja wiatru w postaci ludzkiej z wydętymi policzkami, dmącej w muszlę albo w róg.

Symbole związane ze światem dźwięków i muzyki

Dusza muzyki drzemie w muszli
(*Życie ludzkie*, Samuel Rogers)

Muszle były i nadal są używane jako instrumenty muzyczne. Na długo zanim człowiek stworzył nowoczesne systemy komunikacji, używał już trąb wykonanych z muszli, które mogły wydawać dźwięk niesiony przez wiele kilometrów (Lakshmi, 2011). Muszle służyły również jako prymitywny instrument muzyczny do wzywania do wspólnych modłów (tak jak późniejsze kołatki i dzwony), szczególnie do ceremonii wtajemniczenia, ślubnych i pogrzebowych (Dworczyk i Dworczyk, 1996; Kopaliński, 2007). Do najczęściej wykorzystywanych w tych celach gatunków należały: *Charonia tritonis*, *Ch. variegata*, *Cassis cornuta* oraz *Strombus gigas* (Dworczyk i Dworczyk, 1996). Na muszlach grano też wzbudzające strach nieprzyjaciela sygna-

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

ły bitewne, zaś do dziś używane są one w ceremoniach hinduizmu i lamów tybetańskich. Podobnie ceremonie ślubne w Indiach często zapowiada się, dmąc w wielką morską muszlę *T. pyrum* (Eliade, 2009). Trąbami muszlowymi obwieszczano wejście znamienitych gości, takich jak królowie czy bohaterowie wojenni (Lakshmi, 2011). *Strombus gigas* (nazywany także muszlą królowej lub *Lambi*) był wykorzystywany do różnych celów przez Indian zamieszkujących rejony Karaibów i jest tam środkiem komunikacji, znakiem mobilizacji oraz symbolem walki i niezgody społecznej. Owa „muszla królowej" pozwalała komunikować się mieszkańcom od wzgórza do wzgórza, ogłaszać wielkie wydarzenia z życia, narodziny, ślub, śmierć czy bunt. Ogłaszano nią również powrót łodzi rybackich i początek sezonu upraw batatów (Frenkiel i Aranda 2003). Z wykorzystaniem muszli jako instrumentów muzycznych czy źródła dźwięków wiąże się czasem ich symboliczne znaczenie. Przykładowo jeden z najważniejszych symboli związanych z muszlą skrzydelnika *Strombus gigas* to symbol „wezwania do wolności", które miało zabrzmieć oznaczając kres niewoli podczas duńskiej ery kolonialnej na Wyspach Dziewiczych (Toller i Lewis, 2003).

W hinduizmie muszla symbolizuje dźwięk Dharmy i nauczanie oświeconych ludzi. Jest to też symbol boga Wisznu. Użycie muszli Shanka ogłaszać ma zwycięstwo świętych. Jej dźwięk jest uważany za symbol bogów (Lakshimi, 2011).

Symbol występujący w mitach, legendach, będący atrybutem bóstw

Z uwagi na środowisko życia muszle ślimaków morskich symbolizowały bóstwa związane z morzami. Muszla ciągnięta przez delfiny albo hippokampy tworzy rydwan bóstw morskich – Posejdona (Neptuna) i Galatei, stając się tym samym atrybutem tych bóstw. W takiej postaci można ją interpretować w dziełach sztuki jak na obrazie Rafaela Santi *Triumf Galatei* (1511) czy rzeźbie Berniniego *Neptun i Tryton* (1620).

Muszla jest atrybutem Afrodyty (Wenus), która to bogini miała się narodzić z piany morskiej. Motyw takich narodzin z postacią bogini wyłaniającej się z morza na muszli pojawiał się już na freskach pompejańskich (Pliniusz Starszy, Joseph 2005) i wykorzystywany był w słynnych dziełach malarskich oraz u takich twórców jak Sandro Botticelli czy Tycjan (Biedermann, 2001). Warto jednak zaznaczyć, że na obrazie Botticellego *Narodziny Wenus* (ok. 1485) obserwujemy boginię wyłaniającą się z morza na muszli przegrzebka *Pecten jacobaeus*. Podobnie w dziele Tycjana *Wenus Anadyomene* (1520) obok postaci bogini widoczna jest mniejsza muszla małża z rodzaju Pecten. Wizerunek Afrodyty leżącej na muszli nieco zniekształconego przegrzebka przedstawiony był na wspomnianych freskach pompejańskich. Niemniej jednak *Pecten* nie był ściśle związany z boginią miłości. Z kultem Afrodyty związana jest raczej muszla porcelanki *Cypraea tigris*, jako że główna świątynia bogini znajdowała się w Knidos na Cyprze. Łacińska nazwa najpospolitszego rodzaju *Cypraea* wywodzi się od Cypru, miejsca narodzin Afrodyty. O przynależności tej muszli do bogini miłości pisał już Pliniusz Starszy (Joseph, 2005; Melvill, 1888).

Muszle były też uznawane za atrybut syren, nimf i nereid, jak na obrazach Sir Edwarda Johna Poyntera, np. *At Low Tide* (1913) czy *The Cave of the Storm Nymphs* (1903) lub choćby w *Małej syrence* – filmie animowanym nawiązującym do baśni autorstwa Hansa Christiana Andersena. Most Aleksandra III w Paryżu, zbudowany w 1900 r. z okazji Światowej Wystawy, jest szczególnie bogato przyozdobiony w motywy muszli, które funkcjonują właśnie jako atrybuty tych stworzeń. Oprócz Nimfy trzymającej w dłoni muszlę, słuchającej szumu fal, powtórzony jest wielokrotnie motyw twarzy nereid i starego boga wodnego Okeanosa. Między twarzami nereid swobodnie zwisają girlandy wieńców laurowych, poprzetykanych złoconymi skrętami muszli. Wszystkie te ozdoby symbolizują triumf, chwałę i obfitość, a most wiodący od budynków Petit Palais i Grand Palais do Pałacu Inwalidów jest uznawany za najpiękniejszy w Paryżu.

Indyjski bóg Wisznu przedstawiany jest często w pozie z muszlą *Turbinella pyrrum* (tzw. Śankha) w dłoni, jako symbolem oceanu, a także pierwszego tchnienia życia i pierwszego dźwięku (Biedermann, 2001; Lakshimi, 2011). Słowo „Śankha" jest etymologicznie tożsame z łacińskim wyrazem „concha" czyli muszla. Muszla należy więc, obok buławy, dysku i lotosu, do tradycyjnych atrybutów Wisznu – „Opiekuna życia". Muszla w dłoniach tego boga może być również interpretowana jako trąba wojenna (Gibson, 2009). Opisywany wytwór płaszcza mięczaków zaliczany jest do jednego z ośmiu pomyślnych symboli buddyzmu, które miały po raz pierwszy pojawić się na stopach Buddy – stąd konchy przedstawiane są na odciskach jego stóp. Wśród tych ośmiu symboli muszla ma przedstawiać głos Buddy i rozpowszechnianie jego nauk (Gibson, 2009).

Prekolumbijscy mieszkańcy Meksyku uważali muszle za atrybut boga/proroka Quetzalcoatla – przedstawianego często w otoczeniu muszli lub z naszyjnikiem muszlowym na piersiach (Taube, 1992; Claassen, 2008). W kulturze Majów boga związanego prawdopodobnie z morzem znanego pod oznaczeniem porządkowym GI (prawdziwe imię nieznane) wyobrażano sobie z m.in. muszlami zawiaśnika *Spondylus* w uszach (Tuszyńska, 2011). Podobnie Chaak (Xoc) – początkowo nazywany „bogiem B" wg. klasyfikacji Schellhasa – bóstwo deszczu, uosobienie pioruna, w klasycznej majańskiej ikonografii rozpoznawany jest m.in. po charakterystycznej muszli małża *Spondylus* noszonej na każdym uchu. Majowie przedstawiali często boga Chaaka z muszlową bronią – kastetem wykonanym z muszli ślimaka. Być

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

może przedmiot ten nie miał znaczenia jako broń, ale był atrybutem magicznym służącym jako narzędzie do sprowadzania deszczu (Taube, 2004). Konchy przypisywane są również bogu N – który według legend miał się narodzić w dekoracyjnej muszli zawiaśnika Spondylus – nawiązując do idei powtórnych narodzin czy reinkarnacji. Według wierzeń Majów ludzie mogli przejść do innego świata (jednego z trzech) przez wąskie drzwi, symbolicznie identyfikowane przez zwierające się połówki muszli tego małża (Ingalls, 2009).

Motyw płodności i narodzin

Muszle małży, jako zwierząt wodnych (a woda z kolei jest uważana za źródło życia), były postrzegane jako symbol płodności i kobiecości. W średniowieczu sądzono, że obupłciowe małże zapładniane są przez rosę niebieską, co sprawiło, że muszla stała się symbolem dziewictwa i niepokalanego poczęcia, a przez to również atrybutem Marii Panny, a jednocześnie służyło za dowód, że Dziewica mogła porodzić Syna bez ingerencji mężczyzny (Biedermann, 2001; Kopaliński, 2007).

Symbolika płodności nie ograniczała się do człowieka, ale przenosiła się również na zbiory plonów, stąd w Indiach dęto w konchy nie tylko podczas ceremonii świątynnych, ale też z okazji obrzędów rolniczych. Natomiast na Syjamie (w Tajlandii) kapłani dęli w muszle inaugurując w ten sposób siewy, podobnie jak u Azteków czy na wybrzeżu Malabarskim (Eliade, 2009).

Muszle oznaczają zasadę żeńską, gdyż wiele z nich, np. porcelanki, kształtem przypominać mogą organy płciowe kobiety (srom), i dlatego ich znaczenie jako symbolu seksualnego było w wielu kulturach oczywiste (Lakshimi, 2011; Zabilska, 2012). Wierzono, że muszle morskich mięczaków i perły noszone przez kobiety na skórze jako amulet napełniają je energią sprzyjającą płodności. Kobiety Akamba (plemienia z grupy Bantu, zamieszkujące tereny Kenii) do czasu urodzenia pierwszego dziecka noszą paski zdobione muszlami ostryg (Eliade, 2009). Natomiast wedle starojapońskich wierzeń niektóre małże ułatwiają poród, stąd ich nazwa w tym języku brzmi „małże łatwy poród". W Chinach przypisuje się takie właściwości jedynie ostrygom (Eliade, 2009).

Jak już wspomniano wcześniej, w starożytności emblematem bogini miłości – Afrodyty była muszla ślimaka – porcelanki. Zapewne z uwagi na charakter bogini porcelanka była również uważana była za amulet zapewniający płodność i utrzymanie ciąży (Dworczyk i Dworczyk, 1996; Lakshimi, 2011).

W niektórych kościołach chrześcijańskich można znaleźć chrzcielnice wykonane z muszli przydaczni olbrzymiej *Tridacna gigas* – są one symbolem nowych narodzin (Lakshimi, 2011). Również w obiektach architektury na polskim wybrzeżu (m.in. w jednym z kościołów w Gdyni) odnajdziemy wbudowane jako kropielnice muszle największych małży świata – najczęściej przydaczni (Zieliński, 2001). Muszla pojawia się też często w dłoniach Jana Chrzciciela w scenach chrztu Chrystusa (Impelluso, 2006). Przykładami mogą być dzieła oba zatytułowane *Chrzest Chrystusa* autorstwa El Greco (1614–1618) i Piero della Francesca (ok. 1440–1450).

Motyw zbawienia i pielgrzymek

„Do symbolu muszli utożsamianej z nieśmiertelnością duszy (symbolizowała ją zamknięta w muszli perła) odwoływali się w swych obrazach wielcy malarze renesansu i późniejsi ich naśladowcy" (Zieliński 2001). Muszla przegrzebka (*Pecten jacobaeus*) jest atrybutem św. Jakuba Starszego i pielgrzymek do jego sanktuarium w Santiago de Compostela w płn.-zach. Hiszpanii. Skorupa tego ślimaka określana jest czasem jako pielgrzymia muszla (ang. *pilgrim mussel*, *Pecten pilgrima*), ale okazuje się, że w celach pielgrzymkowych używany był również inny gatunek *Pecten maximus* (Biedermann, 2001). Najbardziej popularne ujęcie św. Jakuba przedstawia go w kapeluszu ozdobionym muszlą (Jagla, 2005). Wspomniana autorka wymienia aż 10 takich przedstawień św. Jakuba z terenów Śląska, Pomorza i Warmii. W innych równie popularnych ujęciach święty ten trzymał muszlę w dłoniach.

Obecnie skorupa przegrzebka (*Pecten*) uznawana jest za atrybut każdej udanej pielgrzymki i używana bywa np. jako czarka do czerpania wody. Muszla ta jest też atrybutem wszystkich biblijnych postaci i świętych, którzy odbywali długie wędrówki. Spotykamy ją zatem jako atrybut św. Rocha i apostołów, którzy spotkali Chrystusa, podążając do Emaus. Jest też symbolem archanioła Rafała, który towarzyszył Tobiaszowi w drodze po lekarstwo dla ojca (Biedermann, 2001; Jagla, 2005).

Motyw śmierci, grobu, wycofania, odejścia

Koncha może też nawiązywać do idei grobu, życia wiecznego czy zmartwychwstania Chrystusa, miała zapewniać nieśmiertelność zwłokom i być emblematem ciała opuszczonego przez duszę (Kobielus, 2002). Symbolika pogrzebowa muszli związana z odradzaniem i zmartwychwstaniem występowała w wielu rzymskich budowlach pogrzebowych. W tym ujęciu przeniknęła także do sztuki chrześcijańskiej (Eliade, 2009). Symbolikę tę utrwaliły spostrzeżenia, że u ślimaków winniczków występuje zakrywka do zamykania muszli, która następnie na wiosnę lub po ustaniu okresu suszy zostaje odrzucona, co uczyniło je, a wraz z nimi inne muszle, symbolem zmartwychwstania (Biedermann, 2001). Zgodnie z tym tropem muszla (będąc twardą skorupą) oznaczać miała grób, w którym zmarli oczekują zbawienia. Na pomnikach cmentarnych konchy występują jednak rzadko w znaczeniach symbolicznych, częściej stanowią po prostu element neorokokowych grobowców. Niemniej jednak na żuławskich cmentarzach opisano

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

symboliczne znaczenie muszli pojawiających się na nagrobkach. Domino (2009) opisuje, że szeroka muszla perłopława na nagrobkach sugeruje, iż osoba zmarła nosiła w sobie perłę (czasem jest ona także przedstawiona), a wiec symbol czystości, nieskazitelności, wartości. Spiralna muszla ślimaka – podobnie jak spirala – miała symbolizować wieczność i drogę do Boga (Domino, 2009).

Jednocześnie muszla jako symbol płodności miała też umożliwiać „powtórne narodziny" – stąd zastosowanie ich w zwyczajach pogrzebowych (Eliade, 2009). Na symbolikę związaną z ponownymi narodzinami czy nawet nieśmiertelnością miał wskazywać fakt, że choć sama muszla jest martwa, to skrywa w sobie życie (Kopaliński, 2007).

W wielu kulturach do grobów składane były obok ciała zmarłego cenne przedmioty – w tym muszle. W Afryce dno grobu przykrywa się warstewką muszli, zaś wśród ludów dawnej Ameryki, w jaskini w Laugérie w Dordonii znaleziono liczne muszle *Cypraea pyrum* i *C. luria*, ułożone na szkielecie. W Cro-Magnon odkryto ponad 300 perforowanych muszli *Littorina littorea* (Eliade, 2009). Prowadzone w Chinach badania archeologiczne doprowadziły do odnalezienia w grobach nie tylko dużych ilości broni, narzędzi rolniczych, ale także niemało przedmiotów rytualnych takich jak bębny czy pojemniki wykonane z muszli kauri. Co więcej, na tych pojemnikach archeolodzy znaleźli wyryte trójwymiarowe wizerunki scen bitewnych (Yao, 2005). W indyjskich ceremoniach pogrzebowych w niektórych prowincjach muszlami napełnia się usta zmarłego. Podobne zwyczaje spotyka się na Borneo (Eliade, 2009). Ilość muszli zależała od zamożności zmarłego, osobom biednym w usta wkładano ryż.

Grube muszle skrzydelnika wielkiego *Strombus gigas* na wyspach u wybrzeży Wenezueli są wykorzystane w produkcji osobistych ozdób i pogrzebowych darów ofiarnych (Antczak i Antczak, 2005). Przypuszcza się, że w Polsce symbol muszli mógł już pojawić się w wierzeniach populacji mezolitycznych (Zabilska, 2012). Najstarsze znalezisko muszli z ziem polskich pochodzi z Janisławic, pow. Skierniewice (Hensel, 1980; Dzięczkowski, 1998, za Zabilska, 2012), gdzie w wyposażeniu grobu szkieletowego zidentyfikowano kilka fragmentów muszli skójki zaostrzonej (*Unio tumidus*).

W malarstwie wanitatywnym, które z założenia przedstawiało alegoryczne obrazy martwej natury symbolizujące ulotność życia i nieuniknioność śmierci (Gibson 2010) muszle ślimaków i małży, jako pozostałość żywego zwierzęcia, są częstym motywem symbolizującym koniec życia i przemijanie. Siegel (2011) podaje, że muszle w malarstwie wanitatywnym symbolizowały eksplorację, moc i bogactwo, odkrycia naukowe, czy fakt, że czas ucieka. Nie należy zapominać, że ślimaki, podobnie jak gady, były ucieleśnieniem śmiertelnego grzechu lenistwa i należały do świata chtonicznego. Przykładowe dzieła malarstwa wanitatywnego, na których uwiecznione zostały muszle przedstawiono na rycinach 1 i 2.

Cechy człowieka jak: bezbronność, królewskość, władza, pieniądze, umysł, charakter czy zazdrość

Obcując z przyrodą człowiek odnajdywał w niej i odnajduje nie tylko źródło piękna, natchnienia, lecz także doszukuje się odzwierciedlenia własnych cech czy potwierdzenia swojego statusu społecznego. W zależności od kultury regionu muszle odzwierciedlały różne z elementów wymienionych powyżej.

Muszle ślimaka rozkolca symbolizują królewskość. Wśród powodów dla takiej symboliki wskazuje się fakt wyrabiania przez starożytnych Fenicjan z niektórych gatunków ślimaków cennego barwnika – purpury (Kopaliński, 2007; Samek, 1992). Z muszli jednego ze skrzydelników o masywnej muszli *Strombus costatus*

Ryc. 1. Juan de Espinoza, *Winogrona, kwiaty i muszle*, ok. 1640 r.

Olmekowie wyrabiali berła – symbole władzy (Taube, 2004). Również w Indiach muszle są symbolem statusu społecznego i wielkiej dumy (Appukuttan i Ramadoss, 2000).

Na Wyspach Salomona wciąż żywa jest tradycja noszenia przez wodza wioski porcelanki – *Cypraea aurantium*, co jest symbolem plemiennej dominacji, piastowania najwyższego urzędu i jednocześnie wsparcia

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

bóstwa – fini, obdarzającego mądrością i nieomylnością. Muszle uznawane są też za talizman ułatwiający nabycie bogactwa i wiedzy, umiejętności przemawiania (Dworczyk i Dworczyk, 1997). W Indiach *Turbinella pyrum* jest symbolem sukcesu, pokoju i dostatku (Lakshmi, 2011). Podobnie postrzegane były puchary z muszli łodzika *Nautilus*. W dzisiejszych czasach wyłowienie muszli łodzika i dostarczenie go w dowolne miejsce na Ziemi praktycznie nie przysparza większych problemów. Niemniej jednak z uwagi na głębokości, na których przebywają łodziki w zamierzchłych czasach zdobycie jego muszli było rzadkością. Najczęściej zbierano puste muszle (Tax, 1995). Muszle Nautilus jako tworzywo do wyrobów wykorzystywali również złotnicy i rzeźbiarze. Niedoścignione wzory biżuterii i innych wyrobów rzemiosła artystycznego pochodzą z XVI i XVII w. Są między nimi wykonane z muszli łodzika słynne puchary typu nautilus (Zieliński, 2001) (fot. 1). Czasami artyści nie wykorzystywali samych muszli, ale zachwyceni ich kształtem wykonywali wzorowane na nich przedmioty jak np. wykonane złote miski w kształcie byków, znajdujące się w Treasuer of Nagysztentmiklós w Wiedniu (Tax, 1995). Pojemniki do przechowywania takich substancji jak perfumy czy leki były wykonywane z muszli Nautilus lub dużych muszli małży (Lakshmi, 2011).

Muszle są również obecne w heraldyce. Herb Tuvalu (państwo położone na Oceanie Spokojnym w zachodniej Polinezji) przedstawia na tarczy o złotym skraju (bordiurze), na którym występuje 8 muszli i 8 liści bananowca, tradycyjną chatę stojącą na zielonej trawie, pod błękitnym niebem, zaś w dolnej części umieszczono stylizowany zarys fal morskich, symbolizujących Ocean Spokojny. W herbie Brytyjskiego Terytorium Oceanu Indyjskiego, obok tarczy podtrzymywanej przez dwa żółwie morskie stojące na plaży, znajdują się niejako rozsypane pomiędzy nogami zwierząt muszle 3 morskich ślimaków i 1 małża. W Godle Marianów Północnych (północna część archipelagu Marianów, położona w Mikronezji, w południowo-zachodniej części Oceanu Spokojnego) zobaczyć możemy wieniec z muszli i kwiatów. Z kolei w godle Nowej Kaledonii na pierwszym planie widzimy muszlę łodzika. Herb Turks i Caicos w archipelagu Bahama jako symbol fauny tych regionów ma skrzydelnika wielkiego zwanego też konchą królowej (*Strombus gigas*). Muszla tego mięczaka jest tradycyjnym symbolem regionu Karaibów (Toller i Lewis, 2003).

Ryc. 2. Adriaen van Utrecht, *Martwa natura z bukietem i czaszką*, ok. 1642 r.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Symbolem dobrobytu i bogactwa była posiadana biżuteria. Ze skrzydelnika wielkiego *Strombus gigas* – pierwsi mieszkańcy rejonu Karaibów wyrabiali biżuterię z muszli ślimaków (Toller i Lewis, 2003). Muszle te służyły i nadal służą do wyrobu koralików, bransoletek, lamp, sztućców jak również kamei – ze względu na zmieniającą się warstwowo barwę. Surowcem do wyrabiania przedmiotów codziennego użytku są nie tylko muszle skrzydelnika, ale i innych mięczaków, jak przykładowo porcelanki zaprezentowanej na fot. 3.

Ślimak w skorupie niesie jednak również inne skojarzenia. Oznacza samotnika, odludka, mizantropa (Kopaliński, 2007). Do takiej symboliki nawiązuje chociażby przysłowie „Siedzi jak ślimak w skorupie" czy inne pochodzące z Grecji: „Żyć życiem ślimaka". Podobnie w literaturze: „Zamknął się w swoim domu jak ślimak w skorupie" (Edmund Chojecki, *Alkhadar*, I, 12).

Ze względu na poskręcaną i często skomplikowaną rzeźbę skorupy mięczaków muszla bywa symbolem mozolnej, żmudnej i zbędnej spekulacji (Kopaliński, 2007). Takie zapętlenia myślowe nie są zapewne obce naturze zazdrośników, stąd na obrazie autorstwa Giovanniego Belliniego *Alegoria Oszczerstwa lub Zazdrości* (1490) – muszla przedstawiona na pierwszym planie ma nawiązywać do pokrętnej natury oraz do pełnych niedomówień zachowań zazdrośnika (Battistini, 2006). Podobnie obserwacja ślimaków, które noszą swoją muszlę-dom ze sobą, uważano za alegorię skromności, ponieważ ślimak nosi cały swój majątek na własnym grzbiecie (Biedermann, 2001).

Podsumowanie

Zastanawiając się nad bogactwem symboliki muszli nie sposób pominąć uwarunkowania kulturowego. Nie bez znaczenia jest również fakt, że uwagę człowieka znacznie częściej przykuwały i nadal przykuwają muszle morskich ślimaków, mające tę przewagę nad lądowymi, że są z reguły nie tylko większe, ale i z nielicznymi wyjątkami bardziej kolorowe. Największą popularnością zdają się cieszyć muszle ślimaków zaliczanych do rodzajów *Cyprea sp.*, *Strombus sp.*, *Spondylus sp.* czy *Pecten sp.*, które są łatwe do obserwacji, kolekcjonowania, a ponadto są duże i kolorowe.

Rzadziej symboliczne znaczenie przypisuje się takim gatunkom jak: *Littorina littorea*, *Turbinella pyrum* czy *Tridacna gigas*. Niepodważalne miejsce w kulturze i historii zajmuje również *Bolinus brandaris* jako źródło purpury.

Piękno omawianych wytworów mięczaków zachwycało ludzi niejednokrotnie. Jako przykład warto jeszcze wspomnieć o tym, że oznaczające muszlę angielskie słowo *shell* oraz stylizowana muszla małża od ponad wieku są znakiem firmowym koncernu paliwowego Royal Dutch Shell. Początek firmy datuje się na rok 1833. Jej założyciel, Marcus Samuel, otworzył wtedy w Londynie sklep z antykami i orientalnymi muszlami. Zauroczony ich kształtem nadał taki symbol i nazwę firmie.

Nie sposób również pominąć występowania muszli w sztuce użytkowej. Puchary typu Nautilus wyrabiane były głównie w Augsburgu i Norymberdze (stąd też popularna nazwa „puchary norymberskie") już w XVI wieku (Tax, 1995). Jako biżuteria funkcjonują przynajmniej od 82 tysięcy lat, bo tyle liczą koraliki z muszli *Nassarius gibbosulus* odkryte w wapiennej jaskini Grotte des Pigeons w Taforalt w Maroku (Bouzouggar i wsp., 2007).

Autor ma nadzieję, że artykuł zostanie odebrany jako przykład zintegrowanego podejścia do nauczania biologii, w którym natura łączy się z humanistyką. Entuzjastycznie nastawieni do takiej integracji nauczyciele mogą być zachęceni i zachęcać uczniów do podejścia holistycznego w edukacji i w podobny sposób przygotować materiały lekcyjne, by sprostać wyzwaniom, jakie stawia przed nimi m. in. najnowsza Podstawa Programowa.

Literatura:

Antczak A, Mackowiak de Antczak MM (2005). PreHispanic Fishery of Queen Conch (Strombus gigas) on the Islands off the coast of Venezuela. Pages 213-245 in: P. Miloslavich y E. Klein (eds.). *Caribbean Marine Biodiversity: The Known and Unknown*. Pennsylvania: DEStech Publications Inc.

Appukuttan KK, Ramadoss K (2000). Edible and ornamental gastropod resources. In: *Marine Fisheries Research and Management*. Pillai VN, Menon NG eds. 525-535.

Battistini M (2006). *Symbole i alegore*. Arkady.

Bereźnicki F (1999). Od nauczania łącznego do zintegrowanego. In: *Oświata na wirażu*. Denek K, Zimny TM eds. Wydawnictwo Andrzej Wiśniewski. 151-159.

Biedermann H (2001). *Leksykon symboli*. Muza SA, Warszawa.

Bouzouggar A, Barton N, Vanhaeren M, d'Errico F. Collcutt S, Higham T, Hodge E, Parfitt S, Rhodes E, Schwenninger JL, Stringer C, Elaine Turner E, Wardn S, Moutmir A, Stambouli A, (2007). 82,000-year-old shell beads from North Africa and implications for the origins of modern human behavior. *PNAS*, 104, no. 249964-9969.

Chądzyński W (2008). Uskrzydlają wyobraźnię. *Ogród Wita. Pismo Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu Wrocławskiego*, sierpień, 8. Available at: http://www.ogrodbotaniczny.wroclaw.pl/autoinstalator/joomla1/images/gazeta_pdf/19_sierpien_2008.pdf.

Domino J (2009). Symbolika na żuławskich cmentarzach. In: *Poradnik dobrych praktyk ochrony żuławskich zabytków*. Gmina Cedry Wielkie, Stowarzyszenie Miłośników Nowego Dworu Gdańskiego Klub Nowodworski, 66-70. Available at: http://www.cedry-wielkie.pl/2010/03-12/poradnik_zulawskie_zabytki.pdf.

Dworczyk K, Dworczyk W (1996). *Klejnoty morza Egros*.

Dzięczkowski A (1998). Badania malakologiczne w archeologii. In: *Nauki przyrodnicze i fotografia lotnicza w archeologii*. Śmigielski W ed. Poznań, 97-110.

Eliade M (2009). *Obrazy i symbole Szkice o symbolice magiczno-religijnej*. Wydawnictwo Aletheia.

Eliade M (1998). *Obrazy i symbole*, Wydawnictwo KR, Warszawa, 16-17.

Ewing R (2010). *The Arts and Australian education: Realising Potential*, BPA Print Group.

Frenkiel L, Aranda DA (2003). *Strombus gigas. La vie du Lambi La vida del Caracol rosa The Queen conch life story*. CYTED. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Yucatán, México.

Foshay AW (1998). Problem solving and the arts. *Journal of Curriculum and Supervision*, 13(4):328-338.

Gazzaniga M (2011). *Istota człowieczeństwa*. Smak słowa.

Gibson C (2009). *Jak czytać symbole, język symboli w różnych kultu-*

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

rach, Arkady.
Gibson MA, Larson MA (2007). Visual arts and academic achievement. *Journal for Learning through the Arts*, 3(1):2-32.
Gombrich E (2008). *O sztuce*. Rebis Dom Wydawniczy.
Hensel W (1980). *Polska starożytna*. Wrocław.
Impelluso L (2006). *Natura i jej symbole*. Arkady.
Ingalls VA (2009). The quadripartite badge: *Narratives of power and resurrection in Maya iconography* (Master of Arts thesis, in the Department of Anthropology in the College of Sciences at the University of Central Florida Orlando, Florida). Available at: http://www.caracol.org/include/files/chase/IngallsMA.pdf.
Jagla J (2005). Droga nawracająca świat. Kilka słów o ikonografii świętych pielgrzymów w sztuce średniowiecznej Śląska, Pomorza i Warmii. In: *Pielgrzymowanie i sztuka: Góra Świętej Anny i inne miejsca pielgrzymkowe na Śląsku*. Lubos-Koziel J ed. Wrocław 2005, 283-296.
Joseph J (2005) A Twelfth Century Cowry. *Pallidula*, 35(2):6-10.
Kaygin B, Balçin B, Yildiz C, Arslan S (2011). The effect of teaching the subject of Fibonacci numbers and golden ratio through the history of mathematics. *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 15:961-965.
Kobielus S (2002). *Bestiarium chrześcijańskie. Zwierzęta w symbolice i interpretacji Starożytność i średniowiecze*. Instytut Wydawniczy PAX, Warszawa.
Kopaliński W (2007). *Słownik Symboli*. Rytm Oficyna Wydawnicza
Lakshmi SA (2011). Wonder Molluscs and their utilities. *Int. J. Pharmaceutical Sciences Rewiew and Research*, 6(2):30-33.
Markiewicz P, Przybysz P (2004). *Neuroestetyczne aspekty komunikacji wizualnej i wyobraźni*. Available at: http://www.staff.amu.edu.pl/~insfil/P_Przybysz/pdf/Neuroestetyka/4NeuroestAspekKomWizual.pdf.
Martin WM (2005). *Bubbles and Skulls: The Phenomenological Structure of Self-Consciousness in Dutch Still Life Painting in Wrathall and Dreyfus*, The Blackwell Companion to Phenomenology and Existentialism, Oxford. Available at: http://privatewww.essex.ac.uk/~wmartin/BubblesTextOnly.pdf.
Maruszewski T (2011). *Psychologia poznania*, PWN.
Melvill JC (1888). A survey of the genus Cypraea (Linn.), its nomenclature, geographical distribution, and distinctive affinities. *Mem. Proc. Manch. Lit. Philos. Soc.*, 4(1):184-252.
Piliniusz starszy. born 23 AD, died August 24, 79 AD. *Historia naturalna*. Translator: Bostock J. Available at: http://sds.parsons.edu/wp-content/uploads/2009/09/reading_pliny.pdf.
Samek A (1992). *Muszle morskie, mały przewodnik kolekcjonera*, Muzeum Przyrodnicze Instytutu Systematyki i Ewolucji Zwierząt PAN, Kraków.
Selwa M (2002). Wspaniały świat ceramiki. *Sztuka, GA* (072) 03/2002.
Siegel E (2011). *Symbols of Change in Dutch Golden Age Still Life Paintings: Teachers' Guide and Lesson Plan*; NEH Summer Seminar for School Teachers, 2011 The Dutch Republic and Britain. Available at: http://www1.umassd.edu/euro/2011papers/siegel.pdf
Szaflarski J (1972). *Poznanie Tatr – szkice z rozwoju wiedzy o Tatrach do połowy XIX wieku*. Wydawnictwo "Sport i Turystyka". Warszawa.
Taube K (1992). The Temple of Quetzalcoatl and the cult of sacred war at Teotihuacan. *RES*, 21:53-87. Available at: http://www.latinamericanstudies.org/teotihuacan/Temple-Quetzalcoatl.pdf.
Taube KA (2004). *Pre-Columbian Art at Dumbarton Oaks*, No. 2 Olmec Art At Dumbarton Oaks, Dumbarton Oaks, Washington. Available at: http://www.doaks.org/resources/publications/doaks-online-publications/pre-columbian-studies/olmec-art-at-dumbarton-oaks/olmecart.pdf.
Tax CJHM (1995). Nautilus Shells as collectors' items in the "Kunst-und Wunderkammer". *Vita marina*, 43(1-2):13-28.
Toller W, Lewis K-A (2003). Queen Conch Strombus gigas. *U.S.V.I. Animal Fact Sheet*, 19. U.S.V.I. Department of Planning and Natural Resources Division of Fish and Wildife.
Tuszyńska B (2011). A look at the enigmatic "gi title" associated with the maya women. *Wayeb Note*, 37:2.
Vetulani J (2011). *Mózg: fascynacje, problemy, tajemnice*. Homini, Kraków.
Yao A (2005). Scratching beneath iconographic and textual clues: A reconsideration of the social hierarchy in the Dian culture of Southwestern China. *Journal of Anthropological Archaeology*, 24:378-405.
Zabilska M (2012). Depozyty ze szczątkami mięczaków na stanowiskach kultury łużyckiej z Polski. Charakterystyka i próba określenia ich genezy. *Acta Universitatis Nicolai Copernici, Archeologia*, XXXII:253-289.
Zaczyński WP (1996). Nauczanie. In: *Encyklopedia Pedagogiczna*. Pomykało W ed. Fundacja Innowacja, Warszawa.
Zieliński J (2001). *Portrety muszli*, 10, *Sztuka, GA* (067), 10.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Metodologia OECD PISA i interpretacja wyników polskich uczniów w zakresie nauk przyrodniczych

Jacek Haman, Elżbieta Barbara Ostrowska

Streszczenie:

Artykuł przedstawia wyniki i metodologię OECD PISA – obecniej największego i najbardziej prestiżowego międzynarodowego badania kompetencji uczniów. Omawia on główne założenia metodologiczne badania opartego na próbie wraz z porównaniem go z analizą wyników egzaminów. Prezentuje procedury tworzenia zadań, ze szczególnym uwzględnieniem zadań z zakresu przedmiotów przyrodniczych, oraz zasady interpretacji wyników testów, z naciskiem na zasady wnioskowania statystycznego. Rozważa też zagadnienie niepełnej próby oraz starań zmierzających do interpretacji uzyskanych w ten sposób wyników.

Słowa kluczowe: OECD PISA, metodologia, zadania, przedmioty przyrodnicze, 15-latkowie

otrzymano: 13.01.2014; przyjęto: 24.02.2014; opublikowano: 28.03.2014

dr Jacek Haman: adiunkt w Instytucie Socjologii Uniwersytetu Warszawskiego. W badaniu PISA, z którym związany jest od początku, jego zadaniem jest wstępny dobór próby do badania międzynarodowego i do narodowych wariantów implementowanych w Polsce.

dr Elżbieta Barbara Ostrowska: lider Pracowni Przedmiotów Przyrodniczych Instytutu Badań Edukacyjnych. Od 2000 r. sekretarz programu badawczego PISA. Obecnie kierownik polskiego wydania PISA 2015. Zajmuje się problemami mierzenia umiejętności związanych z myśleniem w zakresie przedmiotów przyrodniczych i humanistycznych.

Wprowadzenie

Badania OECD PISA, których wyniki z edycji 2012 zostały ogłoszone w grudniu 2013 roku, uważane są za współcześnie najważniejsze i najbardziej prestiżowe międzynarodowe badania kompetencji uczniów. Od roku 2000, co trzy lata, w kilkudziesięciu krajach prowadzony jest pomiar umiejętności piętnastoletnich uczniów (w warunkach Polski przede wszystkim trzeciej klasy gimnazjów) w zakresie czytania i interpretacji tekstu, matematyki oraz rozumowania w naukach przyrodniczych. Wyniki badania PISA traktowane są jako najbardziej miarodajne źródło porównań międzynarodowych dotyczących poziomu umiejętności uczniów, zaś obserwowane trendy wyników – poprawiających się lub pogarszających w czasie – traktowane są jako istotny wskaźnik efektywności systemów edukacyjnych poszczególnych krajów: poprawa wyników potwierdza trafność prowadzonej polityki edukacyjnej, zaś ich pogarszanie się – wskazuje na istotne problemy, z którymi system edukacyjny nie może sobie poradzić.

Wyniki badania OECD PISA 2012 zostały przyjęte, zarówno w Polsce, jak i na świecie, z dużym zainteresowaniem. Do największych pozytywnych bohaterów edycji 2012 należeli polscy uczniowie, którzy uzyskali jeden z najwyższych przyrostów wyników w porównaniu z badaniem PISA 2009 (zwłaszcza w obszarze rozumowania w naukach przyrodniczych), zaś w całym okresie prowadzenia badań, od 2000 roku, awansowali od pozycji wyraźnie poniżej średniej do ścisłej europejskiej czołówki.

Przyjrzyjmy się bliżej wynikom z rozumowania w naukach przyrodniczych. Zauważalna jest istotna poprawa wyników polskich uczniów w porównaniu z rokiem 2006, jak i 2009. W badaniu z 2006 roku, kiedy to rozumowanie w naukach przyrodniczych było główną dziedziną pomiaru, średni wynik naszych uczniów był niemal równy średniej dla krajów OECD (498 punktów), a w 2012 roku Polska z wynikiem 526 punków znalazła się w czołówce krajów, których wyniki są statystycznie istotnie lepsze od średniej dla krajów OECD (tabela 1).

Wśród wszystkich krajów i regionów biorących udział w badaniu najlepsze wyniki uzyskały Szanghaj, Hongkong i Singapur, a z krajów europejskich Finlandia, Estonia i Polska. Warto również odnotować porównanie wyników z lat 2012 i 2006 w odniesieniu do średniej zmiany punktowej przypadającej na rok. Polska znajduje się wśród krajów o najwyższej wartości tego parametru. Większe od Polski tempo zmian miały jedynie te kraje, których średnie wyniki uczniów były znacznie niższe od średniej OECD (Kazachstan, Turcja, Katar i Zjednoczone Emiraty Arabskie).

Raport międzynarodowy[1] oraz wstępny raport polski[2] z badania OECD PISA 2012 został ogłoszony w grudniu 2013 roku; pełen raport polski zostanie ogłoszony na wiosnę 2014. Tymczasem warto przyjrzeć się bliżej metodologicznym aspektom badania – zarówno po to, by poznać zasady, którymi należy się kierować interpretując jego wyniki, jak i poznać jego ograniczenia oraz czynniki, które w pewnych obszarach nakazują szczególną ostrożność. Zapoznanie się z metodologią badania pozwoli także ocenić trafność różnorodnych opinii o badaniu PISA i jego wynikach, publikowanych w mediach – zwykle przez osoby, które metodologii badania nie znają bądź nie rozumieją.

Badania OECD PISA są reprezentacyjnymi, tzn. prowadzonymi na reprezentatywnej próbie losowej populacji naukowymi badaniami kompetencji, których celem jest dostarczenie precyzyjnych informacji o poziomie i zróżnicowaniu w badanej populacji wskazanych przez badaczy umiejętności. Do tej samej kategorii należy także szereg innych badań edukacyjnych

1 Zob. http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results.htm.
2 Zob. http://www.ifispan.waw.pl/pliki/wyniki_pisa.pdf.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

PISA 2006	
Kraj lub region	Średni wynik
Finlandia	563
Hongkong (Chiny)	542
Kanada	534
Tajwan	532
Estonia	531
Japonia	531
Nowa Zelandia	530
Australia	527
Holandia	525
Liechtenstein	522
Korea	522
Słowenia	519
Niemcy	516
Wielka Brytania	515
Czechy	513
Szwajcaria	512
Makao (Chiny)	511
Austria	511
Belgia	510
Irlandia	508
Węgry	504
Szwecja	503
Polska	**498**
Dania	496
Francja	495
Chorwacja	493
Islandia	491
Łotwa	490
Stany Zjednoczone	489
Słowacja	488
Hiszpania	488
Litwa	488
Norwegia	487

PISA 2009	
Kraj lub region	Średni wynik
Szanghaj (Chiny)	575
Finlandia	554
Hongkong (Chiny)	549
Singapur	542
Japonia	539
Korea	538
Nowa Zelandia	532
Kanada	529
Estonia	528
Australia	527
Holandia	522
Tajwan	520
Niemcy	520
Liechtenstein	520
Szwajcaria	517
Wielka Brytania	514
Słowenia	512
Makao (Chiny)	511
Polska	**508**
Irlandia	508
Belgia	507
Węgry	503
Stany Zjednoczone	502
Czechy	500
Norwegia	500
Dania	499
Francja	498
Islandia	496
Szwecja	495
Austria	494
Łotwa	494
Portugalia	493
Litwa	491

PISA 2012	
Kraj lub region	Średni wynik
Szanghaj (Chiny)	580
Hongkong (Chiny)	555
Singapur	551
Japonia	547
Finlandia	545
Estonia	541
Korea	538
Wietnam	528
Polska	**526**
Kanada	525
Liechtenstein	525
Niemcy	524
Tajwan	523
Holandia	522
Irlandia	522
Australia	521
Makao (Chiny)	521
Nowa Zelandia	516
Szwajcaria	515
Słowenia	514
Wielka Brytania	514
Czechy	508
Austria	506
Belgia	505
Łotwa	502
Francja	499
Dania	498
Stany Zjednoczone	497
Hiszpania	496
Litwa	496
Norwegia	495
Węgry	494
Włochy	494

PISA 2006	
Kraj lub region	Średni wynik
Luksemburg	486
Rosja	479
Włochy	475
Portugalia	474
Grecja	473
Izrael	454
Chile	438
Serbia	436
Bułgaria	434
Urugwaj	428
Turcja	424
Jordania	422
Tajlandia	421
Rumunia	418
Czarnogóra	412
Meksyk	410
Indonezja	393
Argentyna	391
Brazylia	390
Kolumbia	388
Tunezja	386
Azerbejdżan	382
Katar	349
Kirgistan	322

PISA 2009	
Kraj lub region	Średni wynik
Słowacja	490
Włochy	489
Hiszpania	488
Chorwacja	486
Luksemburg	484
Rosja	478
Grecja	470
Dubaj (ZEA)	466
Izrael	455
Turcja	454
Chile	447
Serbia	443
Bułgaria	439
Rumunia	428
Urugwaj	427
Tajlandia	425
Meksyk	416
Jordania	415
Trynidad i Tobago	410
Brazylia	405
Kolumbia	402
Czarnogóra	401
Argentyna	401
Tunezja	401
Kazachstan	400
Albania	391
Indonezja	383
Katar	379
Panama	376
Azerbejdżan	373
Peru	369
Kirgistan	330

PISA 2012	
Kraj lub region	Średni wynik
Chorwacja	491
Luksemburg	491
Portugalia	489
Rosja	486
Szwecja	485
Islandia	478
Dubaj (ZEA)	474
Słowacja	471
Izrael	470
Grecja	467
Turcja	463
Bułgaria	446
Chile	445
Serbia	445
Tajlandia	444
Zjednoczone Emiraty Arabskie (bez Dubaju)	439
Rumunia	439
Kostaryka	429
Kazachstan	425
Malezja	420
Urugwaj	416
Meksyk	415
Czarnogóra	410
Jordania	409
Argentyna	406
Brazylia	405
Kolumbia	399
Tunezja	398
Albania	397
Katar	384
Indonezja	382
Peru	373

Tabela 1. Średnie wyniki uczniów z pomiaru umiejętności rozumowania w naukach przyrodniczych w badaniach z lat 2006, 2009 i 2012

Białe tło oznacza kraje, których wynik nie był istotnie różny od przeciętnego w krajach OECD, jasnoniebieskim kolorem wyróżniono kraje o wynikach lepszych, a ciemnoniebieskim – gorszych od przeciętnego.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

prowadzonych w Polsce, takich jak badania „Laboratorium Myślenia"[3] lub „Szkoła Samodzielnego Myślenia"[4], czerpiące zresztą z badania PISA także wiele innych elementów. Omówienie metodologii PISA zaczniemy zatem od przedstawienia charakterystyki badań tego typu, w szczególności przez porównanie ich z drugim źródłem wiedzy o poziomie kompetencji uczniów – z egzaminami zewnętrznymi, które, inaczej niż badania kompetencji takie jak PISA, obejmują całą populację, a ich celem jest przede wszystkim dostarczenie oceny konkretnych uczniów w zakresie wiedzy i umiejętności, których zakres wynika z treści podstaw programowych i wymagań egzaminacyjnych. W dalszej części artykułu skupimy się na konkretnych rozwiązaniach stosowanych w badaniu PISA, w zakresie doboru próby, tworzenia zadań testowych, oceniania ich wyników oraz tworzenia skal, na których wyniki te są prezentowane.

Naukowe badania kompetencji uczniów a system egzaminacyjny

W polskim systemie edukacyjnym egzaminy zewnętrzne prowadzone są od 2002 roku (sprawdzian szóstoklasisty oraz egzamin gimnazjalny); od 2005 roku charakter egzaminu zewnętrznego ma matura. Wyniki egzaminów zewnętrznych stanowią wartościowy materiał do badań nad poziomem umiejętności polskich uczniów i źródłami jego zróżnicowania. Czy w tej sytuacji warto wydawać dodatkowe pieniądze na badania na próbach losowych?

Egzaminy zewnętrzne, jako źródło wiedzy o poziomie kompetencji uczniów, mają szereg ograniczeń, od których wolne są badania reprezentacyjne:

- **Zakres i sposób przygotowywania testów egzaminacyjnych.** Przygotowujący testy egzaminacyjne ograniczeni są treścią obowiązującej podstawy programowej dla danego etapu edukacji dla określonego zestawu przedmiotów. Zadania stawiane uczniom w naukowych badaniach umiejętności uczniów nie mają takich ograniczeń – można badać umiejętności uczniów w zakresie definiowanym przez badacza.
  Jednocześnie, ze względu na wymogi tajności, przygotowanie zestawów egzaminacyjnych powinno odbywać się w możliwie wąskim gronie osób, a możliwości pilotażu testu czy kalibracji zadań są bardzo ograniczone. Choć również w przypadku badań naukowych przy opracowywaniu zadań obowiązują zasady poufności, rygory tajności nie ograniczają liczby specjalistów biorących udział w przygotowywaniu testów, zaś zadania są poddawane starannej weryfikacji w badaniach pilotażowych – w efekcie możliwe są znacznie lepszy dobór i znacznie lepsze opracowanie zadań.
- **Liczba wykorzystywanych zadań.** Głównym celem systemu egzaminacyjnego jest dostarczenie oceny pojedynczego ucznia, porównywalnej z ocenami innych uczniów, zdających ten sam egzamin. Z tego względu wszyscy uczniowie rozwiązują, co do zasady, te same zadania, a w konsekwencji – liczba zadań limitowana jest przez czas, jaki uczeń ma na pisanie egzaminu.
  Liczba zadań użytych w badaniu ma zasadnicze znaczenie dla precyzji wyników. Po pierwsze, większa liczba zadań pozwala na uwzględnienie większej liczby aspektów umiejętności, czy poddziedzin. Po drugie, każde pojedyncze zadanie wnosi do testu „błąd" związany ze swoją specyfiką (np. uczeń może nie umieć go rozwiązać, gdyż nie zna znaczenia konkretnego słowa użytego w zadaniu, a nie dlatego, że nie posiada umiejętności, która w założeniu miałaby być przez dane zadanie testowana) – większa liczba zadań testowych pozwala zniwelować błędy tego rodzaju. Naukowe badania kompetencji nastawione są nie na wyznaczenie wyniku pojedynczego ucznia, ale na dostarczenie informacji o całej populacji lub jej częściach. Możliwe jest zatem użycie w jednym badaniu zróżnicowanych zestawów testowych (z reguły w postaci „bloków zadań" zestawionych ze sobą na kilka sposobów – tak, aby każde dwa „bloki" były jednocześnie rozwiązywane przez część badanych). W efekcie wszystkie zadania użyte w badaniu mogą odpowiadać testowi, którego rozwiązanie musiałoby pojedynczemu uczniowi zająć wiele godzin. Skutkiem takiej procedury może być wprawdzie nieco większe obciążenie błędami losowymi oceny umiejętności pojedynczego ucznia, ale znacznie większa dokładność oceny przeciętnego poziomu umiejętności w populacji lub w jej części.
- **Dostępność informacji kontekstowych.** Gdy analizujemy wyniki egzaminów zewnętrznych, jedyne dostępne dane o uczniu piszącym egzamin, poza samymi ocenami uzyskanymi za poszczególne zadania, to informacje o jego płci, wieku oraz o szkole, w której się uczy. Nie wiadomo zatem nic o jego warunkach rodzinnych, wykształceniu rodziców, dostępie do dóbr kultury itp.; nawet o miejscu zamieszkania (np. miasto/wieś) można wnioskować tylko pośrednio (z położenia szkoły) – a więc nie zawsze trafnie. Oznacza to, że analiza wyników egzaminów zewnętrznych nie może dostarczyć wiedzy o znaczeniu szeregu potencjalnie istotnych czynników zróżnicowania poziomu umiejętności uczniów.
  W reprezentacyjnych badaniach umiejętności uczniów uczniowie, a często również ich rodzice, wypełniają oprócz testów również szczegółowe

3 Zob. http://eduentuzjasci.pl/pl/badania/110-badanie/409-laboratorium-myslenia-diagnoza-nauczania-przedmiotow-przyrodniczych-w-polsce.html.
4 Zob. http://eduentuzjasci.pl/pl/badania/110-badanie/420-szkola-samodzielnego-myslenia-2.html.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

kwestionariusze kontekstowe, dotyczące zarówno takich kwestii jak wykształcenie rodziców, pozycja społeczno-ekonomiczna rodziny, wyposażenie gospodarstwa domowego w dobra kultury lub pomoce edukacyjne itp., a także opinii i postaw wobec szkoły i nauki[5].

- **Skalowanie wyników.** Wyniki egzaminów podawane są jako prosta suma punktów uzyskanych za poszczególne zadania. Wyniki reprezentacyjnych badań umiejętności są wyznaczane na podstawie złożonych statystycznych procedur skalowania, z reguły odwołujących się do modeli teorii odpowiedzi na pytanie testowe (IRT, *Item Response Theory*); w efekcie np. w końcowym wyniku można pominąć zadanie, które wykazuje złe własności psychometryczne. Tak przetworzone wyniki są znacznie bardziej wartościowym materiałem do analiz statystycznych i wnioskowania o czynnikach zróżnicowania umiejętności uczniów. Należy jednak zaznaczyć, że w przypadku wykorzystywania wyników egzaminacyjnych do celów naukowych można – zamiast posługiwać się „surowymi wynikami" – poddać je analogicznym procedurom skalowania (ich efektywność będzie jednak gorsza z powodów, o których była mowa wcześniej – głownie ze względu na mniejszą liczbę pytań używanych w testach egzaminacyjnych); w niektórych systemach egzaminacyjnych poza Polską indywidualne wyniki również bywają wyznaczane z zastosowaniem statystycznych procedur skalowania.
- **Porównywalność wyników w czasie.** Celem systemu egzaminacyjnego jest dostarczenie oceny umiejętności ucznia porównywalnej z ocenami innych uczniów biorących udział w egzaminie. Możliwość porównania wyników uzyskanych w różnych edycjach egzaminów ma zatem znaczenie drugorzędne. W badaniach reprezentacyjnych, takich jak OECD PISA, możliwość porównywania wyników uzyskiwanych w różnych edycjach badania ma znaczenie kluczowe. Osiągana jest ona dzięki użyciu „zadań łączących" – zadań powtarzanych w kolejnych edycjach badania; dzięki statystycznym procedurom skalowania możliwa jest następnie ocena trudności pozostałych zadań, używanych tylko w danej edycji badania, na wspólnej skali. Możliwość użycia „zadań łączących" na egzaminach praktycznie nie istnieje ze względu na wymogi tajności[6]. Procedury „zrównywania" wyników egzaminów, realizowane dla celów badawczych, wymagają zatem odwoływania się do danych pośrednich i obciążone są znacznie większym błędem.

Egzaminy zewnętrzne mają jednak także swoje przewagi nad badaniami reprezentatywnymi i dla niektórych zastosowań są wciąż niezastąpionym źródłem danych:

- **Brak ograniczeń związanych z wielkością próby.** Choć reprezentacyjne badania umiejętności uczniów realizowane są zwykle na próbach bardzo dużych, to dla wielu analiz próby te są wciąż zbyt małe. W szczególności, na podstawie badań ogólnopolskich nie są zwykle możliwe analizy dotyczące różnic lokalnych, a zatem, powiedzmy, na podstawie badania PISA nie jesteśmy w stanie ocenić, czy w województwie opolskim uczniowie uzyskują przeciętnie lepsze, czy gorsze wyniki niż w województwie dolnośląskim. Analiza danych egzaminacyjnych pozwala na dokonywanie porównań nawet na poziomie powiatu, gminy czy pojedynczej szkoły (należy jednak pamiętać, że ze względu na brak informacji kontekstowych o piszących egzamin uczniach możliwości porównywane grupy można wyznaczać jedynie ze względu na położenie i inne cechy szkoły oraz wiek i płeć ucznia).
  Również w przypadku, gdy analizujemy dane w skali całego kraju, dane egzaminacyjne, w przeciwieństwie do danych z badań reprezentacyjnych, nie obciążone są błędami losowymi związanymi z doborem próby badawczej. W praktyce jednak, ze względu na wielkość prób stosowanych w badaniach edukacyjnych, błędy te i tak są niewielkie – większe znaczenie ma wtedy fakt, że same testy używane w badaniach reprezentacyjnych charakteryzują się wyższą rzetelnością.
- **Brak problemu niepełnej realizacji próby.** Bolączką wszelkich badań reprezentacyjnych są problemy realizacji próby. W większości badań edukacyjnych udaje się przeprowadzić testy z udziałem ok. 80% uczniów, którzy zostali wylosowani do próby (jest to zresztą i tak wynik doskonały w porównaniu do np. badań opinii publicznej, w których rzadko udaje się uzyskać udział więcej, niż 40% wylosowanych). W egzaminach uczestniczą praktycznie wszyscy uczniowie[7].

5 W polskim środowisku badań edukacyjnych od lat dyskutuje się nad potrzebą uzupełniania egzaminów o jakiś zakres informacji kontekstowej – w chwili obecnej zbieranie takich danych przy okazji egzaminu nie jest możliwe ze względów prawnych. Piszący te słowa, jako badacz, byłby oczywiście bardzo zainteresowany uzupełnieniem danych egzaminacyjnych o dane kontekstowe, jako obywatel miałby jednak poważne wątpliwości – zbieranie danych o sytuacji rodzinnej, czy o poglądach lub postawach w ramach procedury państwowego egzaminu byłoby jednak poważną ingerencją państwa w prywatność uczniów. Należy także zaznaczyć, że podstawą wszystkich badań społecznych – w tym także badań edukacyjnych – jest dobrowolność udziału w nich, o tym zaś trudno by mówić, gdyby zbieranie danych kontekstowych – potrzebnych jedynie do celów badawczych – było połączone z obowiązkowym (w praktyce) państwowym egzaminem.

6 Problem ten można by jednak usunąć, gdyby tworzyć testy egzaminacyjne z wykorzystaniem jawnych, ale bardzo dużych baz zadań o znanej charakterystyce pomiarowej.

7 Przy analizie wyników egzaminów większy problem, niż nieuczestniczenie części uczniów w egzaminie, może stanowić fakt, że część zadań może być przez niektórych uczniów w ogóle pomi-

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Dane egzaminacyjne nie są obciążone problemem niepełnej realizacji próby. Pozwala to na użycie ich do oceny, jaki jest wpływ tego zjawiska na badania reprezentacyjne. W szczególności, dzięki porównaniu wyników egzaminacyjnych uczniów uczestniczących w badaniu PISA, oraz uczniów wylosowanych do próby PISA, ale w badaniu nie uczestniczących, wiemy, że choć uczniowie, którzy w badaniu nie uczestniczyli, reprezentują (prawdopodobnie) nieco niższy poziom umiejętności, to wpływ ich absencji na wynik badania PISA był ostatecznie bardzo niewielki.

Metodologia badania OECD PISA[8]

Badanie OECD PISA jest międzynarodowym badaniem umiejętności piętnastoletnich uczniów w zakresie czytania i interpretacji tekstu, matematyki oraz rozumowania w naukach przyrodniczych. Co to oznacza?

Badaną populacją są „piętnastolatkowie". Określenie „piętnastolatek" jest zresztą w przypadku tego badania dość umowne: uczestnikami byli uczniowie urodzeni w roku 1996, a więc w czasie badania (marzec 2012) część z nich miała już ukończone lat 16. Istotne jest jednak to, że była to grupa zdefiniowana poprzez wiek, a nie np. klasę, w której się uczy.

Rok badania	2000	2003	2006	2009	2012	2015
Badane umiejętności	**Czytanie** Matematyka Przedmioty przyrodnicze	Czytanie **Matematyka** Przedmioty przyrodnicze	Czytanie Matematyka **Przedmioty przyrodnicze**	**Czytanie** Matematyka Przedmioty przyrodnicze	Czytanie **Matematyka** Przedmioty przyrodnicze	Czytanie Matematyka **Przedmioty przyrodnicze**

Tabela 2. Rozkład dziedzin wiodących w badaniu PISA od roku 2000 do 2012

Badaną populacją są uczniowie, a więc badanie z założenia nie obejmuje młodzieży spoza systemu szkolnego. W krajach uczestniczących w badaniu piętnastolatkowie zasadniczo są objęci obowiązkiem szkolnym (było to zresztą kryterium wyboru do badań akurat tej grupy wiekowej), jednakże poziom faktycznej scholaryzacji może się między krajami-uczestnikami badania w pewnym zakresie różnić. Nie ma to większego znaczenia w porównywaniu wyników dla członkowskich OECD, może mieć jednak znaczenie dla interpretacji wyników niektórych innych uczestników badania. Przykładowo, bardzo wysoki poziom wyników uzyskiwanych przez uczniów z Szanghaju część krytyków przypisuje polityce lokalnych władz, nie dopuszczającej do miejscowych szkół dzieci imigrantów z innych regionów Chin (Loveless, 2013).

Badanie PISA jest badaniem międzynarodowym: jego celem, oprócz umożliwienia porównań w czasie, jest umożliwienie dokonywania porównań międzynarodowych. Międzynarodowy charakter badania wymusza taki dobór, taką procedurę tworzenia i weryfikowania jakości zadań, aby możliwość rozwiązania zadania nie była warunkowana specyfiką kulturową danego kraju. Przykładowo – z zestawu zadań z zakresu myślenia w naukach przyrodniczych musiało, po wstępnej weryfikacji, zostać odrzucone zadanie odwołujące się do procesu pieczenia chleba: w części krajów biorących udział w zadaniu chleb nie jest codzienną potrawą i uczniowie mogliby mieć trudności w rozwiązaniu zadania nie dla tego, że nie posiadaliby odpowiednich umiejętności, tylko dla tego, że musieliby ich użyć w niezrozumiałym dla siebie kontekście.

Konieczność uwzględnienia czynników kulturowych przy tworzeniu i wyborze zadań, a następnie kontroli metodami statystycznymi, czy poszczególne zadania nie są kulturowo obciążone, stanowi bardzo istotną trudność w realizacji badania PISA i jedne z głównych powodów, dla których od zakończenia realizacji badania w terenie do ogłaszania wyników upływa wiele miesięcy. Jednocześnie, w pełni skuteczne uwolnienie wyników PISA od wpływu zróżnicowania kulturowego nigdy nie jest w pełni możliwe. Kwestia, czy udaje się to osiągnąć w stopniu zadawalającym, również jest przedmiotem ożywionych dyskusji (Kreiner and Christensen, 2013).

Międzynarodowy charakter badania PISA ma znaczenie z jeszcze jednego powodu: umożliwia on zaangażowanie do jego przeprowadzenia takich zespołów specjalistów, których nie dałoby się zgromadzić w większości pojedynczych krajów-uczestników. Polscy przedstawiciele w ciałach sterujących czy w zespołach analitycznych OECD PISA, jak prof. Zbigniew Marciniak czy dr Maciej Jakubowski, odgrywali w nich istotną rolę, ale w całej Polsce prawdopodobnie nie dałoby się zgromadzić zespołu fachowców, który byłby w stanie przeprowadzić tego typu badanie samodzielnie i kompetentnie, od początku do końca. Z drugiej strony, jeśli

jana (tzn. uczeń nie podaje rozwiązania nie dlatego, że nie potrafi go znaleźć, ale w ogóle nie podejmuje próby jego znalezienia). Ten sam problem dotyczy jednak również naukowych badań kompetencji – co więcej, z natury egzaminu wynika, że udział w nim silniej motywuje uczniów, niż w przypadku nieobowiązkowego, anonimowego badania naukowego.

8 Skrócony opis metodologii badania można znaleźć w raportach polskich z kolejnych edycji badań PISA, a w wersji najpełniejszej – w Raportach Technicznych (Technical Reports). Zob. Technical Report 2009, dostępny na: http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/50036771.pdf. Raport Techniczny z badania PISA 2012 w momencie pisania niniejszego tekstu nie został jeszcze ogłoszony.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

w tej chwili jesteśmy w stanie samodzielnie prowadzić duże (choć nie tak duże jak PISA) badania edukacyjne, to należy pamiętać, że znaczna część polskich specjalistów wykształciła się, w mniejszym czy większym stopniu, „przy okazji" realizacji poprzednich edycji tego badania od roku 2000.

Badanie PISA jest badaniem umiejętności w zakresie matematyki, czytania i interpretacji tekstu oraz rozumowania w naukach przyrodniczych. W kolejnych cyklach badania stosuje się pogłębiony pomiar umiejętności dla innej dziedziny, zwanej w badaniu wiodącą (zob. tabela 2).

W szczególności, zakres umiejętności w nim badany nie musi pokrywać się z podstawą programową jakiegoś zestawu przedmiotów w szkole; zresztą wobec udziału w badaniu uczniów z kilkudziesięciu krajów wyznaczenie części wspólnej programów szkolnych mogłoby być bardzo kłopotliwe. Punktem wyjścia do tworzenia zadań nie było to, co uczniowie powinni wiedzieć czy umieć dlatego, że uczy i wymaga tego od nich szkoła – ale to, jakie umiejętności będą im potrzebne, aby sprawnie poruszać się w nowoczesnym świecie, czy zdobywać później kwalifikacje potrzebne na rynku pracy w gospodarkach opartych na rozwiniętych technologiach.

Kompetencje badane w OECD PISA to przede wszystkim umiejętność samodzielnego rozumowania i interpretacji – zagadnień z zakresu nauk przyrodniczych, problemów matematycznych, tekstów informacyjnych. W znacznie mniejszym stopniu PISA sprawdza samą wiedzę czy posiadane przez ucznia wiadomości. Zakres przedmiotowy PISA wynika również z międzynarodowego charakteru badania. Jest oczywiste, że piętnastoletni uczniowie powinni posiadać odpowiednią znajomość literatury, historii czy geografii – w przypadku uczniów polskich powinna być to w szczególności literatura, historia i geografia Polski. Badanie międzynarodowe nie może, oczywiście, sprawdzać tego, co specyficzne dla danego kraju. Czynienie z tego zarzutu wobec badań OECD PISA jest takim samym absurdem, jakim byłoby przyjęcie, że w szkole warto i należy uczyć tylko tego, co mogą mierzyć międzynarodowe testy.

Dobór próby

Badanie PISA jest badaniem reprezentacyjnym, a więc przeprowadzanym na próbie losowej. Próba ta dobierana jest we wszystkich krajach uczestniczących w badaniu według podobnych zasad[9]:

- Sposób losowania zapewniać ma reprezentatywność dla docelowej populacji badania, a więc populacji piętnastoletnich uczniów, z wyłączeniem uczniów niepełnosprawnych intelektualnie, z innymi niepełnosprawnościami, które mogłyby utrudnić uczniowi wypełnianie standardowych testów (a wiec czyniłyby pomiar niemiarodajnym), uczniów opóźnionych w nauce o więcej niż dwa lata względem typowego w danym kraju cyklu nauki. Ze względu na trudności techniczne lub nadmierne koszty możliwe jest także wyłączenie z badanej populacji także innych grup (np. uczniowie bardzo małych szkół, uczniowie uczący się w języku nielicznej mniejszości narodowej), jednakże wyłączenia takie nie mogą przekroczyć łącznie 0,5% populacji (poza wyłączeniami ze względu na język nauczania) i muszą być każdorazowo uzgodnione z konsorcjum międzynarodowym realizującym badanie.
- W badaniu powinno uczestniczyć przynajmniej 4.500 uczniów, a więc, ze względu na przewidywaną niepełną realizację próby, próba wylosowana powinna liczyć przynajmniej około 5.500 uczniów w każdym z krajów biorących udział w badaniu, a jeśli dany kraj chce analizować wyniki osobno dla różnych podpopulacji (regionów czy grup językowych) – w każdej z takich podpopulacji. Jeśli w danym kraju realizowane są opcjonalne komponenty badania, lub równolegle z właściwym badaniem międzynarodowym dany kraj realizuje własne badania dodatkowe, liczebność próby może zostać odpowiednio zwiększona.
- Próba ma charakter dwustopniowy: wpierw losowane są szkoły, następnie zaś w wylosowanych szkołach losowani są piętnastoletni uczniowie (35 uczniów z wylosowanej szkoły). Aby osiągnąć wymaganą wielkość próby uczniów, próba szkół musi liczyć przynajmniej 150-160 szkół; z reguły jednak liczba ta jest jeszcze większa, ze względu na istnienie szkół małych, w których nie ma 35 piętnastolatków.
- Aby poprawić własności próby, próba szkół jest próbą warstwową. Cechy, które brane są pod uwagę przy warstwowaniu, uzgadnianie są między konsorcjum międzynarodowym a instytucją realizującą badanie w danym kraju. Po uzgodnieniu z konsorcjum możliwe jest również stosowanie nadreprezentacji określonych grup uczniów, w celu umożliwienia przeprowadzenie bardziej szczegółowych analiz w określonych podpopulacjach (ze względu na procedury ważenia danych, nie ma to wpływu na reprezentatywność próby dla całej populacji).
- Samo losowanie szkół przeprowadzane jest przez firmę wchodzącą w skład konsorcjum Międzynarodowego, natomiast losowanie uczniów przeprowadzane jest w każdym kraju z osobna, ale z użyciem oprogramowania dostarczonego przez konsorcjum – tak wiec na sam przebieg losowania instytucja realizująca badanie w danym kraju

9 Wyjątkiem są jedynie bardzo małe kraje (np. Lichtenstein), w których w badaniu uczestniczy cała populacja piętnastolatków, a więc badanie ma charakter wyczerpujący, a nie reprezentacyjny.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

nie ma wpływu. Jej zadaniem jest jednak wpierw dostarczenie do konsorcjum kompletnej listy szkół (wraz z potrzebnymi danymi), w których mogą uczyć się piętnastoletni uczniowie, a następnie pozyskaniu ze szkół wylosowanych do badania list wszystkich piętnastoletnich uczniów, spośród których dokonuje się losowania w drugim etapie.

W polskim badaniu OECD PISA 2012 próba właściwego badania PISA liczyła 5545 uczniów, spośród których w badaniu wzięło udział 4607 (poziom realizacji próby 83%). Badani uczęszczali do 183 szkół: 176 gimnazjów, 6 liceów ogólnokształcących i 2 techników. Równolegle, na próbie piętnastolatków realizowano kilka komponentów opcjonalnych, ze względu na które próba została powiększona o dodatkowe 1266 uczniów (spośród których w badaniu wzięło udział 1055), oraz badanie kompetencji uczniów klas I szkół ponadgimnazjalnych na osobnej próbie 5758 wylosowanych uczniów (spośród których w badaniu uczestniczyło 4637).

Polskie badanie PISA *praktycznie* rzecz biorąc jest badaniem uczniów gimnazjów – spośród uczestników badania 2012 jedynie 13 uczniów uczęszczało do szkół ponadgimnazjalnych, ponieważ jednak definicja populacji w OECD PISA odwołuje się do wieku, a nie typu szkoły, procedura doboru próby musiała uwzględniać również szkoły ponadgimnazjalne – licea, technika, a nawet szkoły zasadnicze, choć do tych ostatnich w skali całego kraju uczęszcza niespełna setka „piętnastolatków" – w efekcie, trudno się dziwić, że żaden z nich do próby 2012 nie trafił (na szczęście, w próbie nie trzeba było uwzględnić szkół podstawowych, do których zresztą uczęszcza znacznie więcej piętnastolatków, niż do szkół zasadniczych – są oni jednak wyłączeni z badanej populacji ze względu na kryterium ponaddwuletniego opóźnienia w nauce). Czy podjęcie wysiłku organizacyjnego koniecznego do realizacji badania PISA również w szkołach ponadgimnazjalnych i sam fakt udziału tych trzynastu uczniów podnosi wartość badania PISA w Polsce? Raczej nie – ale sytuacja ta stanowi ilustrację standardów metodologicznych, jakie obowiązują w badaniu i choć w tym przypadku pewnie nie przyniosły one bezpośredniej korzyści, to w wielu innych aspektach nie pozwalają na „pójście na skróty", kosztem jakości badania.

Tworzenie zadań i ocena wyników uczniów

Podstawowym elementem wykorzystywanym w badaniu PISA są zadania testowe o różnej tematyce i konstrukcji. W roku 2006 wykorzystano 103 zadania przyrodnicze, 53 z nich znalazły się w badaniu 2012 roku (co umożliwiło porównanie wyników między cyklami badań).

Rozumowanie w naukach przyrodniczych obejmuje zagadnienia takie jak: zdrowie, zasoby naturalne, ochrona środowiska w skali lokalnej i globalnej, a także granice nauki i techniki. Zadania zebrano w trzech grupach, z których każda mierzy inną składową rozumowania naukowego:

- rozpoznawanie zagadnień naukowych,
- wyjaśnianie zjawisk przyrodniczych w sposób naukowy,
- interpretację oraz wykorzystanie wyników i dowodów naukowych.

Zadania linkowe są zróżnicowane ze względu na diagnozowane treści i umiejętności a także ich związki z polską podstawą programową przedmiotów przyrodniczych.

Jak widać najwięcej zadań (25) można odnieść do treści i celów kształcenia podstawy programowej biologii. Wynika z tego, że spośród przedmiotów przyrodniczych nauczanych w gimnazjum największy wpływ na osiągnięcia uczniów w badaniu PISA może mieć biologia i sposób jej realizacji na lekcjach.

Zadania sprawdzające…		Liczba zadań wykorzystanych w badaniu w latach 2006–2012
wiadomości i umiejętności, które można odnieść do podstawy programowej:	biologii	25
	chemii	6
	fizyki	6
	geografii	6
Znajomość metodyki badań naukowych		11
Wiadomości i umiejętności z techniki		2
Razem[1]		56

Tabela 3. Klasyfikacja i liczba poszczególnych kategorii zadań wykorzystywanych w części przyrodniczej badania PISA od roku 2006

Tworzenie zadań

Zadania, które są podstawą pomiaru w badaniu PISA, sa tworzone specjalnie na użytek konkretnej dziedziny w teście. Część zadań funkcjonuje w każdym cyklu, by zapewnic porównywalności wyników w czasie. Tworzenie zadań jest procesem długotrwałym. Procedury przygotowania zadań z poszczególnych dziedzin sa podobne. Zadania nowe do pomiaru umiejętności w badaniu PISA przygotowuje się dla dziedziny wiodącej.

W pierwszej fazie działania, grupa ekspertów międzynarodowych opracowuje założenia teoretyczne badania dla każdej z testowanych dziedzin. Następnie przygotowywane są zadania testowe. Zadania przygotowują zarówno eksperci, jak i ekipy krajów uczestniczących w badaniu. Propozycje zadań sa wielokrotnie konsultowane z ekspertami zewnętrznymi, aż do powstania pierwszej pilotażowej wersji z kluczem kodowym. Zadania te testowane sa na grupie kilkudziesięciu uczniów. Przeprowadza się też wywiady z uczniami. Po naniesieniu niezbędnych poprawek zadania ponownie oceniane są przez międzynarodowych ekspertów. W wyniku rekomendacji grupy eksperckiej zadania mogą być nadal

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

poprawiane i pilotowne w nowej wersji. Efektem wyżej opisanych działań jest bardzo szeroka pula zadań obejmująca wszystkie opisane w założeniach teoretycznych obszary testowe.

W kolejnej fazie wszystkie zadania są poddawane międzynarodowej ocenie przez zespoły krajowe biorące udział w badaniu PISA. Każde zadanie oceniane jest pod względem:

- odniesienia do programu nauczania w danym kraju,
- autentyczności tzn. czy temat zadania i stawiane w nim problemy są prawdziwe i zrozumiałe dla 15-latków,
- tego czy temat zadania zainteresuje uczniów,
- odniesień kulturowych,
- ewentualnych trudności z tłumaczeniem na dany język,
- jasności intencji pytań,
- spójności i adekwatności klucza kodowego.

Ocena zadań odbywa się za pomocą komputerowego arkusza ocen.

Na podstawie analizy ocen i komentarzy przesłanych przez kraje uczestniczące w badaniu PISA poprawia się zadania, a grupa ekspertów międzynarodowych wybiera część zadań do badania próbnego, w którym biorą udział wszystkie kraje biorące udział w badaniu głównym. Badaniu próbnemu poddawane jest mniej więcej dwa razy więcej zadań niż ostatecznie znajdzie się w teście. Zadania przygotowuje się w dwóch wersjach językowych: angielskiej i francuskiej, traktowanych jako wersje źródłowe.

Wyniki badania próbnego są analizowane pod względem merytorycznym i statystycznym w oparciu o dane jakościowe i ilościowe. Na podstawie otrzymanych wyników, poprawia się nie tylko zadania, lecz także klucze kodowe. Następnie wybiera się pulę najlepszych zadań spełniających kryteria opisane z założeniach teoretycznych badania.

Adaptacja krajowa zadań

W związku z dużą różnorodnością krajów biorących udział w badaniu niezwykle istotne jest zapewnienie jak najbardziej podobnych do siebie wersji krajowych zadań. W przygotowaniu zadania do wersji krajowej bierze się pod uwagę nie tylko zgodność tłumaczenia z wersjami źródłowymi, lecz także formę przedstawienia zadania. Dąży się do tego, by uczeń w każdym kraju dostał do wypełnienia zadanie będące w danym języku odbiciem wersji źródłowej.

Adaptację zadań przeprowadzają zespoły poszczególnych krajów, we współpracy z konsorcjum międzynarodowym. Dostępność dwóch wersji źródłowych pomaga określić zakres swobody językowej w opracowaniu krajowej wersji zadań. Sposób adaptacji krajowej materiału testowego jest ściśle określony w procedurach badania.

Adaptacja zadań testowych przebiega w następujący sposób:

- Podwójne tłumaczenie materiałów testowych z obu wersji źródłowych (dwu niezależnych, profesjonalnych tłumaczy).
- Opracowanie pierwszej, jednolitej wersji polskiej na podstawie obu tłumaczeń, z wglądem do wersji źródłowych (osoba z co najmniej bierną znajomością obu języków źródłowych) – podstawowy krok dostosowania treści zadań do warunków krajowych.
- Krajowa weryfikacja językowa, na podstawie jednolitej wersji krajowej, bez wglądu we wcześniejsze tłumaczenia, i wersji źródłowej; sprawdzenie jakości języka użytego w zadaniu pod kątem jego szerokiego odbioru i naniesienie poprawek (osoba z kwalifikacjami redakcyjnymi).
- Ocena poziomu trudności zadania w polskiej krajowej wersji, na podstawie skorygowanej redakcyjnie wersji i co najmniej jednej wersji źródłowej porównanie stopnia trudności zadania i naniesienie niezbędnych korekt (osoba z fachową wiedzą w danej dziedzinie i doskonałą znajomością przynajmniej jednego języka źródłowego).
- Niezależna opinia o zadaniu krajowych ekspertów spoza zespołu badawczego, na podstawie ostatniej wersji polskiej, z możliwością wglądu w obie wersje źródłowe.
- Weryfikacja międzynarodowa (tłumacz zatrudniony przez konsorcjum międzynarodowe).
- Ostateczna akceptacja lub odrzucenie uwag weryfikatora zagranicznego przez krajowy zespół.
- Przygotowanie ostatecznej wersji zadań sprawdzonych również pod kątem jednolitości wyglądu z wersja źródłową.
- Ostateczna akceptacja przesłanego materiału przez Międzynarodowe Centrum Weryfikacji.

Ocena wyników uczniów – kodowanie

Badanie PISA zawiera różnorodne zadania: zadania wielokrotnego wyboru, zadania wymagające pojedynczych odpowiedzi oraz zadania wymagające rozbudowanych odpowiedzi. Większość krótkich i wszystkie rozbudowane odpowiedzi wymagają kodowania na podstawie klucza kodowego do danego zadania zawierającego sposób oceny danego zadania, wskazówki oraz przykłady odpowiedzi uczniów. Rozbudowane i wieloaspektowe klucze kodowe to jeden z najbardziej istotnych elementów zadań w programie PISA. W przygotowaniu testów do kognitywnej części badań liczy się nie tylko opracowanie samych zadań, lecz także drobiazgowe i jak najbardziej precyzyjne przygotowanie instrukcji interpretowania (oceniania) odpowiedzi uczniów. Jest to szczególnie istotne w przypadku pytań otwartych, gdzie należy się spodziewać różnorodnych odpowiedzi implikujących rozbieżność ocen. Z tego też powodu niezwykle istotny jest każdy etap

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

pracy w trakcie zarówno tworzenia, jak i testowania klucza kodowego.

Na proces kodowania składają się następujące etapy:

- międzynarodowe szkolenie koordynatorów kodowania;
- przygotowanie narodowych wersji kluczy kodowych;
- przygotowanie materiałów szkoleniowych dla koderów na podstawie autentycznych odpowiedzi uczniów w Polsce;
- opracowanie schematu kodowania i formularzy kodowych;
- organizacja kodowania i szkolenie koderów na podstawie przykładów z danej partii materiału;
- kodowanie jednokrotne kolejnych partii materiału wraz z nanoszeniem symboli na karty kodowe, bieżąca kontrola zakodowanego materiału; rozpoczęcie każdej kolejnej partii materiału poprzedzone ponownym treningiem kodowania na podstawie odpowiednich przykładów odpowiedzi;
- powtórne szkolenie koderów;
- kodowanie wielokrotne wybranej przez konsorcjum części materiału wraz z nanoszeniem symboli na karty kodowe;
- wysłanie wylosowanych zeszytów do konsorcjum w celu sprawdzenia przez weryfikatora międzynarodowego jakości kodowania.

Skalowanie wyników: interpretacja i porównywalność wartości punktowych

Inaczej niż w przypadku egzaminów zewnętrznych, końcowy wynik przypisany danemu uczniowi nie stanowi prostej sumy punktów uzyskanych za poszczególne zadania. „Surowe" wyniki testów poddawane są statystycznej procedurze skalowania, odwołującej się do modelu o określonych założeniach. W przypadku badań PISA wykorzystywane są modele teorii odpowiedzi na pytanie testowe (*Item Response Theory*), a dokładniej – uogólniony model Rascha. Poziom umiejętności ucznia traktowany jest jako „cecha ukryta": celem procedury skalowania jest oszacowanie jej wartości dla danego ucznia ze względu na jego „cechy jawne", jakim są udzielone przez niego (poprawne lub błędne) odpowiedzi na zadania testowe. W modelu IRT przyjmuje się następujące założenia:

- To, czy uczeń poprawnie rozwiąże dane zadanie, jest zdarzeniem losowym, zaś prawdopodobieństwo zajścia tego zdarzenia zależy od dwóch parametrów: poziomu umiejętności ucznia oraz poziomu trudności zadania. Istotą modelu Rascha jest przyjęcie, że zależność tę można przedstawić jako określoną funkcję (zasadniczo przyjmuje się, że jest to funkcja logistyczna). Zwyczajowo, oba parametry (poziom umiejętności ucznia i poziom trudności zadania) lokuje się na tej samej skali, przyjmując, że uczeń o poziomie umiejętności x ma 50% szans na rozwiązanie zadania o trudności x.
- Lokalna niezależność: Dla danego ucznia (czy ściślej – dla uczniów o danym poziomie umiejętności) zdarzenia polegające na poprawnym rozwiązaniu dwóch różnych zadań są zdarzeniami niezależnymi: innymi słowy, jeśli uczeń ma 40% szans na rozwiązanie zadania a i 50% szans na rozwiązanie zadania b, to ma 20% szans na to, że na oba z nich udzieli jednocześnie poprawnej odpowiedzi. Podkreślmy – chodzi o niezależność na poziomie pojedynczego ucznia lub grupy uczniów o tym samym poziomie umiejętności. Gdybyśmy te zdarzenia rozpatrywali w całej populacji, oczywiście nie zakładamy ich niezależności – są one skorelowane, gdyż uczniowie o wyższym poziomie umiejętności częściej umieją rozwiązać każde z tych zadań. Istotne założenie polega jednak na tym, że korelację tę w całości możemy wyjaśnić odwołując się do jednej cechy, jaką jest poziom umiejętności ucznia. Oznacza to jednak, że zakładamy, że (1) badana umiejętność jest „jednowymiarowa", oraz (2) nie występuje zróżnicowanie względnej trudności zadań ze względu na inne cechy niż poziom umiejętności, a więc że takie zadanie jest łatwiejsze dla dziewcząt, niż chłopców, lub dla Polaków niż Węgrów[10].

Oczywiście, oba te założenia mają charakter idealizujący – nie istnieją testy, które założenia takie spełniłyby całkowicie[11]. Stąd też pierwszy etap prac nad skalowanie wyników to ocena własności psychometrycznych poszczególnych zadań, a więc sprawdzenie, w jakim stopniu rozkłady odpowiedzi wskazują na możliwe naruszenia założeń modelu; na tym etapie możliwe jest podjęcie decyzji o niewykorzystywaniu wyników części zadań w dalszej analizie (w praktyce, decyzje o usunięciu „złych" zadań podejmowane są z reguły po badaniu pilotażowym – tak, że do badania głównego trafiają wyłącznie zadania spełniające kryteria jakościowe). W szczególności, wyeliminowanie zadań nacechowanych kulturowo jest warunkiem, by możliwe było interpretowania różnic wyników uzyskanych prze uczniów w różnych krajach. Z drugiej strony, pełne usunięcie obciążeń kulturowych nigdy nie jest możliwe – w konsekwencji, porównywanie wyników w różnych krajach zawsze wiąże się z pewnym ryzykiem.

Sam proces skalowania wyników może być dalej prowadzony na jeden z dwóch sposobów:

10 Oczywiście, możliwe jest że dziewczęta (lub Polacy) generalnie mają przeciętnie wyższy poziom danej umiejętności – jeśli jednak dotyczy to tylko jednego zadania, oznacza to, że nie spełnia ono założeń modelu.

11 Dodajmy też, że IRT jest tylko jedną (choć najlepiej rozwiniętą i najszerzej wykorzystywaną) teorią rozwiązywania zestawów testowych – alternatywne teorie koncentrują się np. na kumulacyjnym aspekcie umiejętności, a więc na tym, że pewne umiejętności wymagają uprzednio nabycia.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

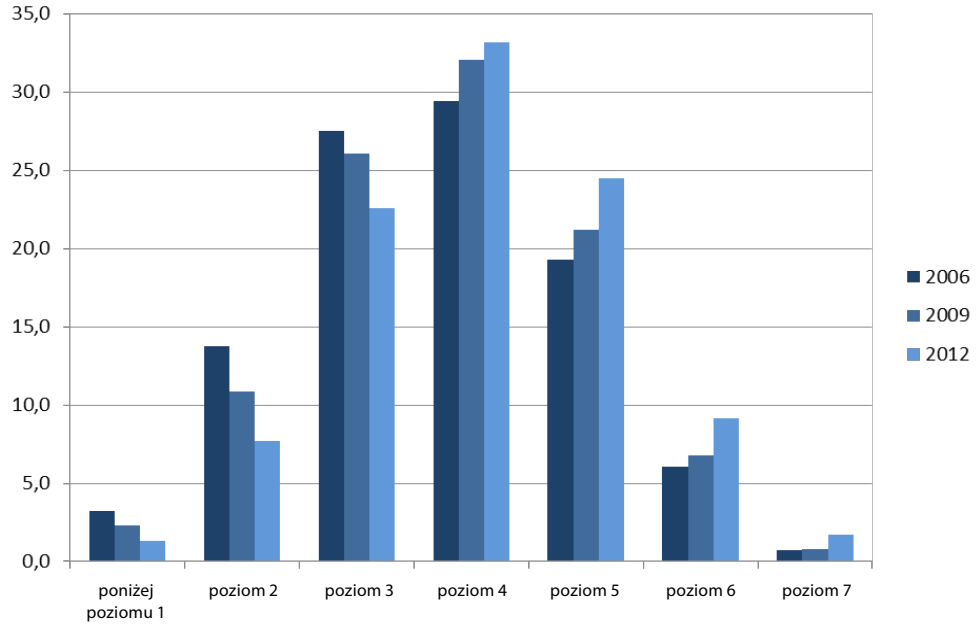
- Jeśli nie jest znana trudność poszczególnych zadań, to i trudność zadań, i poziom umiejętności poszczególnych uczniów traktowane są jako „zmienne ukryte". Proces skalowania polega wtedy na wyznaczeniu takiej kombinacji tych wartości, dla której uzyskanie takich wyników badania, jakie zostały uzyskane, byłoby najbardziej prawdopodobne.
- Jeśli trudność poszczególnych zadań jest znana, skalowaniu podlegają wyłącznie wyniki uczniów (każdemu uczniowi można przypisać taki poziom umiejętności, przy którym najbardziej prawdopodobne jest rozwiązanie tylu zadań, ile uczeń rozwiązał). Analogicznie, możliwe jest oszacowanie trudności zadań w sytuacji, gdy znany jest poziom umiejętności uczniów.

Ponieważ cały proces skalowania ma charakter probabilistyczny, wszystkie oszacowania (zarówno trudności zadań, jak i poziomów umiejętności uczniów) są obciążone ryzykiem błędów losowych, o znanych charakterystykach (ale, oczywiście, nieznanych wartościach).

Szczególną własnością skalogramu Rascha jest to, że możliwe jest dokonywanie oszacowania umiejętności uczniów na tej samej skali także wtedy, gdy rozwiązywali oni częściowo różne zestawy zadań. Możliwe jest również ocenienie na tej samej skali uczniów, którzy wykonywali krótszą lub dłuższą wersję testu – z tym jednak zastrzeżeniem, że oszacowanie poziomu „cechy ukrytej" jest zawsze obarczone błędem losowym, który jest tym większy, im krótszy był użyty test[12].

Te cechy skalogramu Rascha umożliwiają osiągnięcie porównywalności różnych edycji badania PISA, poprzez wykorzystanie „zadań łączących": tych samych zadań używanych w różnych edycjach badania. Przy skalowaniu wyników kolejnego cyklu wykorzystuje się wtedy znane już, wyznaczone we wcześniejszym cyklu poziomy trudności zadań łączących i do nich „łączy" się poziomy trudności szacowane dla nowych zadań. Aby jednak takie „łączenie" było rzeczywiście skuteczne – aby nie wiązało się z ryzykiem zbyt dużych błędów losowych – musi się ono opierać na odpowiednio dużej bazie „zadań łączących". Z tego też względu w badaniu PISA przyjmuje się, że wiarygodne porównania wyników w czasie możliwe są dopiero od tej edycji badania, w której dana dziedzina była dziedziną wiodącą – w przypadku rozumowania w naukach przyrodniczych od badania PISA 2006. Oczywiście, wyniki badania w tym obszarze były również podawane dla edycji PISA 2000 i 2003, przy czym starano się zachować porównywalność w czasie, jednakże bezpośrednie porównywanie wyników tych edycji do edycji późniejszych może wiązać się z dużymi błędami.

Przy przypisywaniu wyskalowanych wyników poszczególnym uczniom w badaniu PISA stosowana jest metoda znana jako *plausible values*. Polega ona na przypisywaniu uczniowi w sposób losowy wartości „cechy ukrytej", w oparciu o warunkowy rozkład prawdopodobieństwa tej wartości cechy w populacji pod warunkiem udzielenia danego zestawu odpowiedzi. Procedura ta może wydawać się zaskakująca (w jej wyniku dwóm uczniom, którzy udzielili dokładnie takich samych odpowiedzi, mogą zostać przypisane różne wartości na skali umiejętności; co więcej, temu samemu uczniowi przypisuje się kilka różnych *plausible values* stanowiących „przewidywanie" jego poziomu tej samej umiejętności) – zauważmy jednak, że, ze względu na probabilistyczny



Wykres. 1. Odsetki uczniów na poszczególnych poziomach umiejętności w Polsce w latach 2006, 2009 i 2012

12 Dodajmy, że możliwe jest także ocenianie na tej samej skali uczniów, którzy rozwiązywali całkowicie różne zestawy zadań – np. jeśli jedna grupa rozwiązywała podtesty A i B, druga B i C, zaś trzecia C i D, możemy porównać poziomy umiejętności uczniów z pierwszej i trzeciej grupy, choć porównanie to może być obciążone dużym błędem losowym.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

charakter pomiaru, uczniowie o tym samym poziomie umiejętności mogą poprawnie rozwiązać różną liczbę zadań testowych. Gdyby celem badania było określenie indywidualnych wyników uczniów, metoda *plausible values* nie byłaby właściwa (w takim wypadku należałoby wskazywać dla każdego ucznia konkretny, najbardziej prawdopodobny poziom umiejętności przy danej konfiguracji udzielonych odpowiedzi). W sytuacji, gdy celem jest określenie rozkładu poziomu umiejętności w populacji, zastosowanie *plausible values* okazuje się mieć jednak pewne zalety (prowadzi do dokładniejszej oceny zróżnicowania umiejętności między uczniami, a przede wszystkim – dzięki możliwości porównania wartości kilku *plausible vaulues* przypisanych temu samemu uczniowi – pozwala ocenić wielkość błędów losowych związanych z probabilistycznym charakterem modelu IRT[13].

Wyniki badania PISA podawane są w punktach, przy czym skale skonstruowane są w ten sposób, by 500 punktów odpowiadało średniej OECD w roku 2000, zaś 100 punktów różnicy odpowiadało wielkości odchylenia standardowego z 2000 roku – jest to zatem skala całkowicie arbitralna. Ma ona charakter *skali przedziałowej*, co oznacza, że możliwe jest dokonywanie porównań ze względu na wielkość różnicy między dwoma wynikami, nie można jednak interpretować *proporcji* różnych wielkości na tej skali. Można zatem stwierdzić, że przyrost średniego wyniku polskich uczniów między 2009 (508 punktów) a 2012 (526 punktów) rokiem – 18 punktów, był większy niż 10 punktów przyrostu między 2006 (wynik 498 punktów) a 2009, nie ma natomiast sensu stwierdzenie, że wyniki polskich uczniów między 2009 a 2012 rokiem poprawił się o 3,5%, pomimo, że istotnie, 526/508=1,035 – skala nie ma ustalonego punktu zerowego; gdyby jako średnią w 2000 roku przyjęto nie 500, a np. 400 punktów, te same wyniki w 2012 i 2009 przedstawione byłyby jako 426 i 408 punktów, a ich proporcja wynosiłaby nie 1,035, ale 1,044.

Zrelatywizowanie skali do przeciętnych osiągnięć uczniów w OECD w 2000 roku oznacza, że wartości punktowych nie można bezpośrednio interpretować w kategoriach dużych lub niskich umiejętności: wskazują one jedynie na poziom umiejętności w porównaniu do umiejętności innych uczniów z krajów OECD. Aby ułatwić interpretację wyników, specjaliści opracowujący wyniki z poszczególnych dziedzin określili granice punktowe rozdzielające sześć „poziomów umiejętności" – od pierwszego, obejmującego jedynie umiejętności najbardziej elementarne i niekoniecznie wystarczające do sprawnego poruszania się we współczesnym świecie, do szóstego, obejmującego umiejętności, których opanowanie daje piętnastolatkowi duże szanse na późniejsze zajęcie pozycji wśród elity intelektualnej. Podział na „poziomy umiejętności" oparty jest na analizie zadań (i wymaganych do ich rozwiązania umiejętności), które typowo umieli rozwiązywać uczniowie o określonych wynikach testu[14].

Bardzo ciekawie przedstawia się dynamika zmian odsetka uczniów dla poszczególnych poziomów umiejętności w rozumowaniu w naukach przyrodniczych w Polsce. W kolejnych cyklach badania odsetek uczniów na poziomach 2., 1. i poniżej 1. spada, natomiast sukcesywnie wzrasta na poziomach 3., 4., 5. i 6. (wykres 1).

Interpretacja wyników badania: reguły wnioskowania statystycznego

Porównując wyniki badania PISA, czy dla różnych krajów, czy dla różnych podzbiorowości, czy dla różnych edycji badania, należy zawsze brać pod uwagę, że są one obciążone błędami losowymi. Błędy te mają dwa źródła: reprezentacyjny charakter badania oraz probabilistyczny charakter narzędzia pomiarowego (w tym *linking error* przy porównywaniu różnych edycji badania)[15].

W przypadku poprawnie metodologicznie prowadzonych badań reprezentacyjnych wielkości błędów losowych oszacowań wyników nie są znane (gdyby wielkość błędu była znana, można by o nią skorygować uzyskany wynik, uzyskując wynik bezbłędny). Znana jest natomiast charakterystyka błędu losowego jako zjawiska – w szczególności, można przewidzieć, że z określonym prawdopodobieństwem (zwyczajowo 95%) nie przekroczy on określonej wielkości. Przykładowo: polscy uczniowie biorący udział w PISA 2012 uzyskali średni wynik 526 punktów – nie wiadomo jednak, jaki dokładnie średni wynik zostałby uzyskany, gdyby w badaniu wzięli wszyscy piętnastolatkowie w Polsce, a nie tylko ich losowa próba. Można jednak obliczyć, że zastosowane przyjętej procedury badawczej w 95% przypadków doprowadziłyby do wyznaczenia średniej nie różniącej się od „prawdziwej" średniej populacyjnej o więcej, niż 6 punktów, a więc „przedział ufności" dla wyniku populacyjnego można określić na od 520 do 532 punktów.

Analogicznie – średni wynik uczniów holenderskich wyniósł 522 punkty, a więc był o 4 punkty niższy, niż średnia uzyskana w próbie polskiej. Czy pozwala to

13 Szersze wprowadzenie do metody *plausible values* można znaleźć w artykułach Wu (2004 i 2005).

14 Przedstawiany w raportach PISA podział na „poziomy umiejętności" może się kojarzyć ze stosowanym często w analizach edukacyjnych podziałem na „staniny". Trzeba bardzo wyraźnie zaznaczyć, że jest to podobieństwo złudne: podział na staniny ma charakter czysto statystyczny, natomiast podział na poziomy w badaniu PISA odwołuje się do analizy umiejętności, jakimi zwykle charakteryzują się uczniowie o danych wynikach (a więc – w jakimś przynajmniej stopniu – ma charakter obiektywny). W konsekwencji, możliwe jest określenie celu działań edukacyjnych w kategoriach obniżenia odsetka uczniów o najniższym poziomie umiejętności lub podniesienia odsetka uczniów na wysokich poziomach umiejętności; w odniesieniu do podziału na staniny postulaty takie nie miałyby sensu.

15 Bardziej szczegółowe omówienie źródeł błędów losowych (zarówno związanych z procedurą pomiarową, jak i reprezentacyjnym charakterem badania) w badaniach edukacyjnych można znaleźć w artykułach Wu (2009 i 2010).

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

twierdzić, że polscy uczniowie są przeciętnie lepsi od holenderskich? Można obliczyć, że gdyby w rzeczywistości średni wynik uczniów polskich i holenderskich był taki sam, to prawdopodobieństwo uzyskania przez próbę losową uczniów polskich wyniku o 4 punkty lepszego od wyniku próby uczniów holenderskich wynosiłoby blisko 20%. W tej sytuacji trzeba przyjąć, że wyniki uzyskane na próbach losowych nie pozwalają stwierdzić, że średni poziom umiejętności uczniów polskich jest wyższy niż holenderskich: zbyt duże jest ryzyko, że o lepszym wyniku Polaków uzyskanym w próbie losowej zdecydował wyłącznie przypadek[16].

Podstawowe metody liczenia przedziałów ufności i weryfikacji hipotez statystycznych na podstawie wyników z badań reprezentatywnych są przedmiotem standardowych kursów statystyki na wszystkich studiach ekonomiczno-społecznych czy przyrodniczych; w przypadku analizy danych pochodzących z badań PISA (jak również innych badań edukacyjnych) obliczenia te są jednak znacznie bardziej skomplikowane ze względu na złożony charakter próby badawczej oraz konieczność uwzględniania błędów związanych z samym narzędziem testowym. W analizie wyników PISA do uwzględnienia efektów związanych ze schematem losowania próby wykorzystywane są metody replikacyjne, zaś do uwzględniania probabilistycznych efektów narzędzia testowego wykorzystywana jest analiza *plausible values*. Badacze zainteresowani samodzielną analizą publicznie dostępnych zbiorów danych PISA powinni wykorzystywać oprogramowanie statystyczne pozwalające stosować oba te typy analiz (szczęśliwie, w Internecie dostępne jest również oprogramowanie darmowe); wiele obliczeń można przeprowadzić także wykorzystując wyznaczone już z wykorzystaniem tych technik „błędy standardowe", podawane dla wielu parametrów w raportach krajowych i międzynarodowym z badania PISA.

Formułując wnioski z wyników PISA należy także wystrzegać się popełniania błędów w drugą stronę: co prawda wyniki badania nie pozwalają stwierdzić, że uczniowie polscy reprezentują wyższy poziom umiejętności niż ich holenderscy koledzy, nie można jednak twierdzić, że z badania PISA wynika, że uczniowie w Polsce i Holandii uzyskali wyniki takie same. Jedyne, co da się powiedzieć, to tyle, że wyniku obu grup uczniów były do siebie na tyle podobne, że nie da się na odpowiednim poziomie pewności stwierdzić, w której grupie wyniki są w rzeczywistości wyższe: wyniki badania dają wprawdzie pewne przesłanki, by twierdzić, że to Polscy uczniowie są nieco lepsi, jednakże są to przesłanki statystycznie zbyt słabe.

Wpływ niepełnej realizacji próby badawczej na wyniki i ich interpretację

Wyniki badania PISA obciążone są jednak nie tylko błędami o charakterze losowym. Częstokroć poważniejszy problem stanowią błędy nielosowe (*błędy systematyczne*), a więc takie, których charakterystyk nie można przewidzieć poprzez odwołanie się do teorii statystyki. Ich źródłem może być np. niespełnianie przez testy założeń modelu stosowanego do skalowania wyników (a, jak wspominaliśmy, założenia te zawsze spełniane są co najwyżej w przybliżeniu); do tej kategorii należą również tzw. *błędy pokrycia* (ang. *coverage errors*), powodujące niepełną reprezentatywność próby – w tym, w szczególności, błędy związane z niepełną realizacją próby losowej. Błędów tego rodzaju nigdy nie da się całkowicie wyeliminować i inaczej niż w przypadku błędów losowych nie da się w sposób teoretyczny przewidzieć ich prawdopodobnej skali. W pewnym przypadkach można jednak – na podstawie na przykład odwołania się do jakiegoś dostępnego kryterium zewnętrznego – starać się szacować również wielkość pewnych błędów o charakterze nielosowym.

W badaniu PISA 2012 uczestniczyło w Polsce około 83% uczniów wylosowanych do próby. Z jednej strony jest to sytuacja nieporównanie lepsza niż w przypadku typowych badań sondażowych (jak badania opinii publicznej, badania przedwyborcze, badania marketingowe), w których współcześnie (zjawisko obniżania się poziomów realizacji prób losowych – a więc zwiększania się odsetka odmów udziału w badaniu narasta, zarówno w Polsce, jak i w zachodniej Europie, od lat 90. XX wieku) rzadko udaje się uzyskać poziom realizacji próby losowej przekraczający 40%, a także znacznie lepsza, niż w najlepszych nawet badaniach akademickich na próbach ogólnopolskich, gdzie poziom realizacji rzędu 60–65% jest praktycznie nieprzekraczalną granicą. Z drugiej strony zasadne jest pytanie, czy uzyskane wyniki byłyby takie same, gdyby w badaniu wzięli udział wszyscy wylosowani uczniowie – innymi słowy, czy decyzja o udziale lub odmowie udziału w badaniu (albo po prostu fakt nieobecności w szkole w dniu badania) jest, czy też nie jest skorelowana z wynikiem, który dany uczeń uzyskałby w teście PISA. Istnieją przy tym przesłanki, by sądzić, że korelacja taka istotnie zachodzi, i że to uczniowie słabsi mają większą skłonność do nie uczestniczenia w badaniu. Wskazuje na to nie tylko intuicja, ale także same wyniki badania PISA, a pośrednio także wyniki realizowanego równolegle badania uczniów klas I szkół ponadgimnazjalnych. W badaniu PISA można zaobserwować, że poziom realizacji próby wśród wylosowanych do niej piętnastolatków – uczniów klas I i II gimnazjów (a zatem uczniów, którzy w swojej dotychczasowej karierze edukacyjnej raz lub dwa razy powtarzali klasę – co każe się spodziewać niższego poziomu umiejętności) wynosił zaledwie 60%, a więc był

16 Zwyczajowo, za wyniki „istotne statystycznie" uważa się takie, dla których prawdopodobieństwo uzyskania „przez przypadek" jest niższe od 5%.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

o ponad 20 punktów procentowych niższy niż wśród trzecioklasistów. Również w badaniu szkół ponadgimnazjalnych, poziom realizacji próby wśród licealistów (85%) był o blisko 20 punktów wyższy niż wśród uczniów zasadniczych szkół zawodowych (66%), przeciętnie osiągających znacznie niższe od licealistów wyniki.

Trzeba od razu stwierdzić, że przedstawione wyżej różnice w poziomach realizacji próby między uczniami powtarzającymi i nie powtarzającymi klasę (a w badaniu szkół ponadgimnajzalnych – między uczniami liceów i zawodówek) na poziomie opracowania i analizy danych zostały zniwelowane w procedurze ważenia, a więc są już uwzględnione w ogłoszonych wynikach. Stanowi to jednak tylko częściowe rozwiązanie problemu – możliwe jest bowiem, że także w przypadku uczniów tych samych szkół i tych samych klas (a więc „nierozróżnialni" dla procedur ważenia danych) nieco częściej nie biorą udziału w badaniu uczniowie słabsi niż o wyższych umiejętnościach.

W badaniu PISA istnieje możliwość – przynajmniej częściowa – sprawdzenia, czy takie zjawisko ma miejsce i jaki – w przybliżeniu – może być jego wpływ na wyniki badania. Można bowiem porównać uczniów biorących i nie biorących udziału w badaniu ze względu na wyniki uzyskane przez nich na sprawdzianie szóstoklasisty, które są dość silnie skorelowane z późniejszymi wynikami na testach PISA. Przeprowadzone analizy[17], z jednej strony, potwierdzają hipotezę, że wylosowani uczniowie, którzy nie biorą udziału w badaniu, są przeciętnie nieco słabsi – ale związany z tym efekt „zawyżenia" średniej dla polskiego wyniku badania PISA nie przekroczyłby ok. 4–5 punktów, która to wartość dzięki procedurom ważenia udaje się obniżyć do około 3 punktów.

Czy oznacza to, że średni wynik polskich uczniów z rozumowania w naukach przyrodniczych – 526 punktów – należało by o te 3 punkty obniżyć? Pamiętajmy, że wynik punktowy relatywizowany jest do średniej OECD – tymczasem problem niepełnej realizacji próby dotyczy wszystkich krajów uczestniczących w badaniu. O ile nie pojawiłyby się wyniki badań wskazujące, że w innych krajach nieuczestniczenie w ogóle nie jest skorelowane z oczekiwanym wynikiem testu (co wydaje się bardzo mało prawdopodobne), nie ma powodu, by twierdzić, że „prawdziwy" wynik polskich uczniów powinien być wyrażony mniejszą liczbą punktów.

Jednym z głównych celów badania PISA jest dokonywanie porównań w czasie i określanie kierunków trendów. Biorąc to pod uwagę, pytanie o wpływ niepełnej realizacji badania na jego wyniki powinno koncentrować się nie tyle na samej średniej liczbie punktów, ale na tym, czy wpływ ten był inny w badaniu 2009 lub 2006, niż w badaniu 2012. Innymi słowy, nawet, gdyby efekt ten był w badaniu PISA znacznie większy, niż sądzimy, ale byłby on niezmienny w czasie, nie miałby żadnego znaczenia dla wniosków co do tego, czy wyniki polskich uczniów się poprawiają, czy pogarszają. Trzeba wyraźnie stwierdzić, że parametry realizacji próby – zarówno sam poziom realizacji, jak i np. poziomy realizacji wśród różnych kategorii uczniów – są w całym okresie badań PISA (czyli od 2000 roku) bardzo stabilne. Można zatem z bardzo dużą dozą pewności stwierdzić, że wpływ niepełnej realizacji próby badawczej na uzyskany poziom wyników również w całym tym okresie był mniej więcej taki sam, a zatem że nie obciąża on w ogóle oszacowań przyrostu wyników między poszczególnymi edycjami badania.

17 Szczegółowe wyliczenia i argumentacja podane są w polskich raportach z badania PISA 2006 i 2009 (zob. polska strona badania PISA, http://www.ifispan.waw.pl/index.php?lang=pl&m=page&pg_id=98), zaś dla edycji PISA 2012 zostaną zawarte w przygotowywanym pełnym polskim raporcie z badania PISA 2012.

***

Podstawą międzynarodowych badań jest uważne przygotowanie materiałów badawczych, które zapewnią porównywalność wyników. Wydaje się, że zaprezentowane tu procedury, wypracowane przez konsorcjum, są dobrą podstawą do sprawdzenia założeń. Wszystkie kraje przestrzegają ścisłych reguł prowadzenia badań. Nieprzestrzeganie ich powoduje bowiem wykluczenie wyników z danego kraju z badania. Pełna metodologia przeprowadzania ankiet, dane i wyniki są dostępne w OECD PISA.

Literatura:

IFiS PAN (2006). *Wyniki badania 2006 w Polsce* [PISA Results in Poland 2006]. Available at: http://www.ifispan.waw.pl/pliki/pisa_raport_2006.pdf.

IFiS PAN (2013). *Wyniki badania 2012 w Polsce* [PISA Results in Poland 2012]. Available http://www.ifispan.waw.pl/pliki/wyniki_pisa.pdf.

Kreiner S, Christensen MB (2013). Analyses of model fit and robustness. A new look at the PISA scaling model the underlying ranking of countries is reading According literacy, *Psychometrika*, DOI: 10.1007/S11336-013-9347-Z.

Loveless (2013). *Attention OECD-PISA: Your Silence on China is Wrong* (http://www.brookings.edu/blogs/brown-center-chalkboard/posts/2013/12/11-shanghai-pisa-scores-wrong-loveless).

OECD (2013). *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework*. Available at: http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/PISA%20 2012%20framework%20e-book_final.pdf

OECD (2012). *PISA 2009 Technical Report*. PISA, OECD Publishing. Available at: http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/50036771.pdf.

Wu M (2010). Measurement, Sampling, and Equating Errors in Large-Scale Assessments. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 29(4):15-27.

Wu M (2009). *Issues in Large-scale Assessments* (Keynote address presented at PROMS 2009, July 28-30, 2009, Hong Kong). Available at: http://www.edmeasurement.com. au/_publications/ margaret/Issues_in_large_scale_assessments.pdf.

Wu M (2005). Role of Plausible Values in Large-Scale Surveys. *Studies in Educational Evaluation*, 31:114-128.

Wu M (2004). Plausible Values. *Rasch Measurement*, 18(2):976-978.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Rozwijanie umiejętności krytycznego myślenia uczniów gimnazjum podczas lekcji biologii z wykorzystaniem technologii informacyjnej

Izabela Szot

Streszczenie:

Krytyczne myślenie jest jedną z kluczowych umiejętności współczesnego człowieka. W dobie nadprodukcji informacji prezentowanych w Internecie jedną z ważniejszych funkcji szkoły staje się kształtowanie umiejętności właściwej selekcji i oceny treści zawartych w sieci. Celem moich badań stało się więc kształtowanie krytycznego myślenia wśród uczniów gimnazjum w czasie korzystania z informacji dostępnych w Interneci

Grupa uczniów klas II gimnazjum (14–15 lat) miała za zadanie wykonać zadania typu WebQuest, polegające na przygotowaniu na podstawie podanych źródeł internetowych materiałów potrzebnych do omówienia zagadnienia będącego przedmiotem kolejnych lekcji biologii. Treści dotyczyły anatomii i fizjologii człowieka (m.in.: układów pokarmowego, oddechowego, krwi). Uczniowie oprócz podanych źródeł mieli również do dyspozycji prezentację multimedialną przygotowaną przez nauczyciela i wykorzystywaną w czasie późniejszych lekcji.

Jako grupę badawczą uwzględniono uczniów, którzy oddali co najmniej 3 z 5 zadanych prac – w sumie 46 osób (75% wszystkich uczniów z tego rocznika). Prace zostały przeanalizowane pod kątem doboru treści (głównie ich selekcji) oraz formy przedstawienia informacji.

Wyniki przedstawiają się następująco:

- 32% uczniów przygotowywało wszystkie lub prawie wszystkie prace na bardzo dobrym poziomie.
- 35% oddawało każdą kolejną pracę lepszą od poprzedniej.
- 20% uczniów w żadnym stopniu nie poprawiło swoich prac – oddawało skopiowane w całości materiały ze stron internetowych.

Jako prace na dobrym poziomie uznawano materiały w jak najmniejszym stopniu będące kopią tekstów na stronach internetowych, wykazujące zrozumienie treści zawartych w źródłach, poprawny wybór źródła oraz formę pracy pozwalającą na szybkie wyszukanie najważniejszych treści. Badania będą kontynuowane.

Słowa kluczowe: krytyczne myślenie, WebQuest, IT

otrzymano: 11.01.2014; przyjęto: 4.03.2014; opublikowano: 28.03.2014

mgr Izabela Szot: doktorantka w Instytucie Biologii Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie,
e-mail: iza.szot@gmail.com

Wprowadzenie

Krytyczne myślenie i wykorzystanie zasobów Internetu jako źródła wiedzy to jedne z głównych umiejętności, jakie powinien posiąść współczesny człowiek. Ważnym wydaje się więc, aby kształcić te umiejętności już w czasie nauki szkolnej. Artykuł ten przedstawia wyniki badań dotyczących kształcenia umiejętności krytycznego myślenia z wykorzystaniem źródła wiedzy jakim jest Internet.

Krytyczne myślenie oznacza sceptyczną ocenę faktów i ich źródeł (Bartz, 2002). Współczesny człowiek przytłoczony jest gigantyczną ilością informacji pochodzących z sieci, dlatego ważnym staje się zdolność ich właściwej ewaluacji. Metoda nazywana z angielskiego CRITIC jest jednym ze sposobów ułatwiających wybór właściwych źródeł oraz najodpowiedniejszych informacji potrzebnych do rozwiązania wybranego problemu. W technice uczenia się zaproponowanej przez Matthiesa uczeń musi poznać źródła informacji, ocenić ich wiarygodność, znaleźć podobne źródła, przetestować je, zweryfikować i dopiero na podstawie wszystkich zgromadzonych faktów wybrać najlepsze rozwiązanie (Matthies, 2005). Krytyczne myślenie oznacza również aktywne poszukiwanie rozwiązań i kreatywność w ich tworzeniu (Mogensen, 1997).

WebQuest to zadanie zdefiniowane przez Dodge'a (1995) jako „skierowana na osiągnięcie celu aktywność, w której niektóre lub wszystkie informacje z jakimi ma do czynienia uczeń pochodzą z zasobów Internetu". Taka forma pracy w obecnej sytuacji nieograniczonego dostępu do zasobów Internetu stała się bardzo popularna. Pozwala ona uczniom rozwinąć techniki myślenia, stworzyć własne, efektywne strategie uczenia się w oparciu o różnorodne źródła oraz umiejętnie pracować w grupach (March, 2003/2004).

Właściwie skonstruowany WebQuest powinien zawierać następujące elementy:

- wprowadzenie, w którym autor przedstawia założenia tematu,
- interesujące zadanie, które mają wykonać uczniowie,
- źródła potrzebne do rozwiązania zadania,
- opis procesu który ma doprowadzić uczniów do wykonania zadania,
- podsumowanie zadania.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Obie opisane powyżej umiejętności: krytyczne myślenie i wykorzystanie zasobów Internetu są ważnymi punktami nowej podstawy programowej, która weszła do szkół w roku szkolnym 2009/2010. Dlatego też w moich badaniach skupiłam się na rozwijaniu umiejętności krytycznego myślenia z wykorzystaniem techniki, jaką jest WebQuest wśród uczniów gimnazjum.

Cele badań

Głównym celem moich badań było rozwijanie umiejętności krytycznego myślenia podczas korzystania z zasobów Internetu jako źródła wiedzy potrzebnej w szkole. Uczestnicy badań powinni:

- poprawić swoje umiejętności w zakresie oceny przydatności informacji oraz wiarygodności źródeł, z jakich korzystają,
- nauczyć się selektywnego wyboru faktów i źródeł,
- zwiększyć kreatywność pozyskiwania informacji,
- poprawić umiejętność samodzielnego uczenia się,
- stworzyć użyteczne materiały przydatne podczas nauki.

Opis badań

Uczestnikami badań byli uczniowie trzech drugich klas gimnazjum. Ich zadaniem było wykonać pięć zadań typu WebQuest podczas jednego roku nauki biologii. Wszystkie tematy związane były z realizowanymi na lekcjach biologii zagadnieniami dotyczącymi anatomii i fizjologii człowieka, takimi jak: opis roli i źródeł najważniejszych składników pokarmowych, budowa i funkcjonowanie układów pokarmowego i oddechowego, skład i rola krwi oraz biologiczne etapy życia ludzkiego. Przygotowane przeze mnie WebQesty zostały zamieszczone na stronie internetowej Gimnazjum w postaci prezentacji w programie Power Point, dostępnej do ściągnięcia.

WebQuest zawierał:

- wprowadzenie,
- dokładną instrukcję, na czym polega i jak należy wykonać zadanie,
- opis procesu w postaci slajdów prezentacji, która wykorzystywana była później w czasie omawiania tematu na lekcji,
- źródła – adresy stron Internetowych, gdzie uczniowie mogli wyszukać potrzebne informacje.

Na podstawie zamieszczonych w WebQuescie informacji uczniowie mieli za zadanie przygotować pracę, w której miały znajdować się najważniejsze wybrane przez nich informacje dotyczące zadanego tematu. Prace te uczniowie mieli przynieść na wyznaczoną lekcję biologii, w czasie której dany temat był omawiany.

Źródła

Źródła, jakie mieli do dyspozycji uczniowie, były bardzo zróżnicowane. Były to: popularne strony, jak Wikipedia, różnego rodzaju strony o charakterze ściąg (np. zadane.pl), jak również strony medyczne, naukowe, akademickie, materiały naukowe. Uczniowie mogli wybrać dowolne źródło, skorzystać z jednego lub kilku z nich. Mogli również poszukać innych niewymienionych stron i wykorzystać je jako źródła. Nie mogli jednak korzystać z podręczników szkolnych.

Proces

Prace przygotowywane przez uczniów mogły mieć dowolną formę, jednak ich podstawową cechą powinien być łatwy i przejrzysty układ umożliwiający szybkie znalezienie potrzebnych informacji. Uczniowie mogli kopiować niewielkie fragmenty tekstów i pojedyncze zdania. Nie wolno jednak było kopiować źródeł w całości. Prace mogły zawierać zdjęcia, schematy, rysunki, fragmenty prezentacji lub sam tekst. Mogły mieć formę odręczną lub być napisane na komputerze. Nie było żadnych ograniczeń, jeśli chodzi o długość pracy.

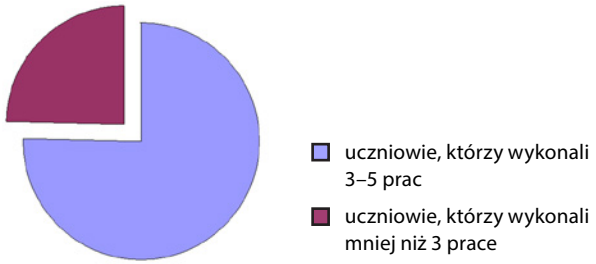
Dyskusja na lekcji

Uczniowie przynosili przygotowane przez siebie materiały na lekcje i korzystali z nich w czasie omawiania zadanych tematów. W czasie lekcji przedstawiali zdobyte przez siebie informacje, oceniali ich wartościowość, przydatność i dyskutowali pomiędzy sobą.

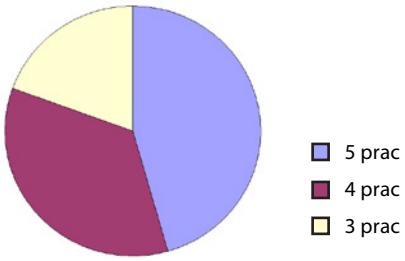
Ocena prac

Wszystkie oddane prace podlegały ocenie. Czynnikami branym pod uwagę przy ocenie pracy były:

- właściwa selekcja informacji,
- adekwatność wybranych informacji do tematu zadania,
- ilość informacji – zbytnia selekcja lub jej brak,
- forma przedstawienia informacji – czy pozwalała na szybkie wyszukanie potrzebnych treści,
- sensowny wybór źródeł.



Ryc. 1. Uczniowie uczestniczący w badaniu



Ryc. 2. Liczba prac wykonanych przez uczniów

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Każda oddana praca była oceniania przez nauczyciela. Uczeń otrzymywał również za każdym razem pisemną informację na temat poziomu pracy, zalet i wad oddanego materiału.

Wyniki

W badaniu wzięło udział 46 uczniów, co stanowi 75% ogółu uczniów w tym roczniku (ryc. 1). Byli to uczniowie, którzy oddali co najmniej trzy z pięciu zadanych prac. Spośród biorących udział w badaniu uczniów prawie połowa wykonała wszystkie pięć zadań (46%), 35% przygotowało cztery prace, a około jedna piąta (19,6%) tylko trzy prace (ryc. 2).

W sumie ocenie zostało poddanych 196 prac. Spośród nich zaledwie 3% prac, przygotowanych przez pięciu różnych uczniów (11%) było całkowicie nie na temat, natomiast 7% prac oddanych przez ośmiu uczniów (17%) było zdecydowanie zbyt ogólnikowych. Pozostałe prace (90%) były do przyjęcia.

Najczęstszym sposobem prezentowania informacji w pracach było kopiowanie fragmentów lub całych stron stanowiących źródła. Pomimo tego, że uczniom wyraźnie zaznaczono, że nie mogą kopiować całych źródeł, okazało się, że większość miała bardzo duży problem z wykonaniem zadanych prac w inny sposób.

Dziesięciu uczniów (22%) oddało prace w postaci przekopiowanych w całości źródeł:

- 3 uczniów (7%) wykonywała tak tylko pierwszą pracę,
- dla 4 uczniów była to przypadkowo wybrana jedna praca,
- 3 uczniów (7%) oddało wszystkie prace w postaci przekopiowanych źródeł.

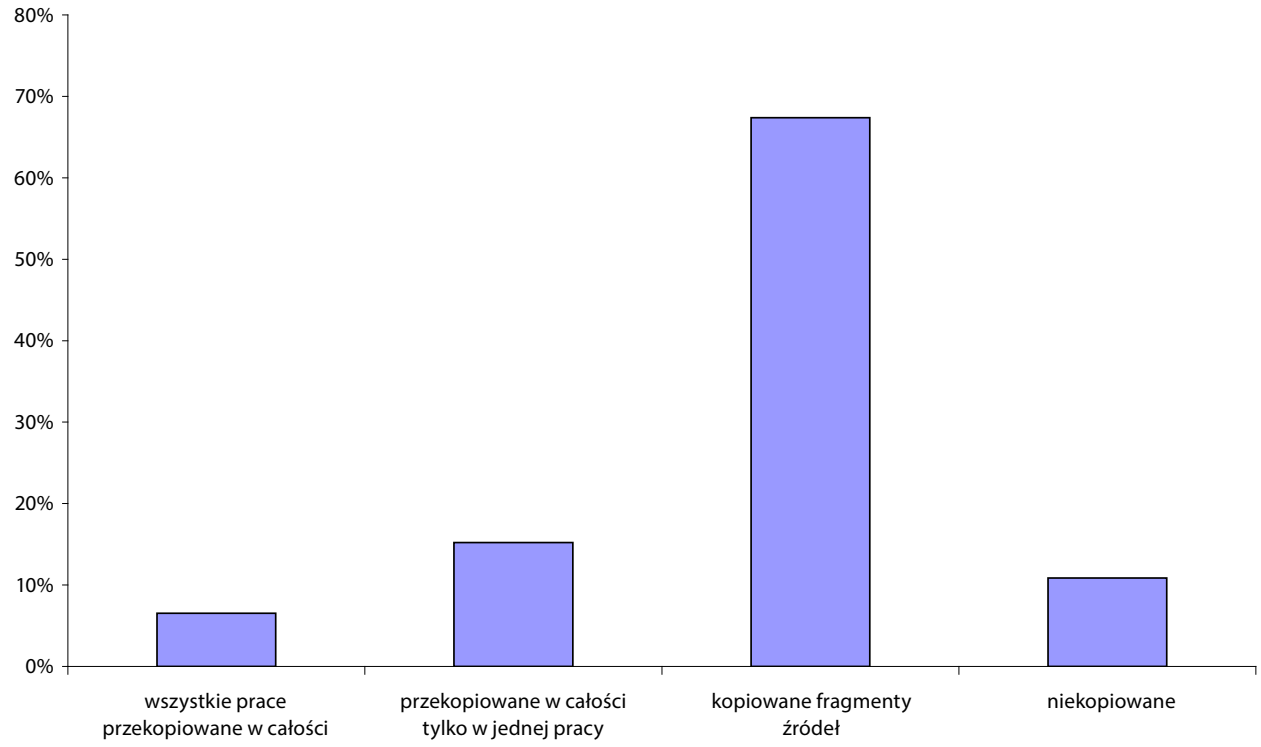
Prace całościowo przekopiowane z Internetu stanowiły w sumie 11% spośród wszystkich ocenianych prac.

Trzydziestu jeden uczniów (67%) starało się selekcjonować informacje poprzez kopiowanie wybranych fragmentów źródeł. Ich prace stanowiły 37% wszystkich prac. Tylko pięciu uczniów (11%) wykonało wszystkie zadania nie kopiując źródeł wcale (ryc. 3).

Niektórzy uczniowie wykorzystali w swoich pracach prezentację znajdującą się w WebQuescie, która wykorzystywana była na lekcji. Dziewiętnastu uczniów (41%) w 34 pracach (17% wszystkich oddanych prac) użyło slajdów z prezentacji w celu przedstawienia potrzebnej wiedzy adekwatnej do zawartych na slajdach schematów i rysunków. Niektórzy uczniowie tworzyli swoje własne mapy myślowe, rysunki, schematy czy diagramy przedstawiające znalezione przez nich informacje. Siedmiu uczniów biorących udział w badaniu (15%) wykorzystało te metody, z czego dwunastu (26%) stosowało je więcej niż jeden raz.

Podsumowując wyniki badania można stwierdzić:

Piętnastu uczniów (32%) przygotowało wszystkie lub prawie wszystkie prace na wysokim poziomie – dokonali właściwej selekcji informacji dostępnych w źródłach, nie kopiowali bezmyślnie dostępnych stron internetowych. Byli to uczniowie, którzy zrozumieli zadanie i poradzili sobie z jego wykonaniem.



Ryc. 3. Kopiowanie informacji w pracach przez uczniów

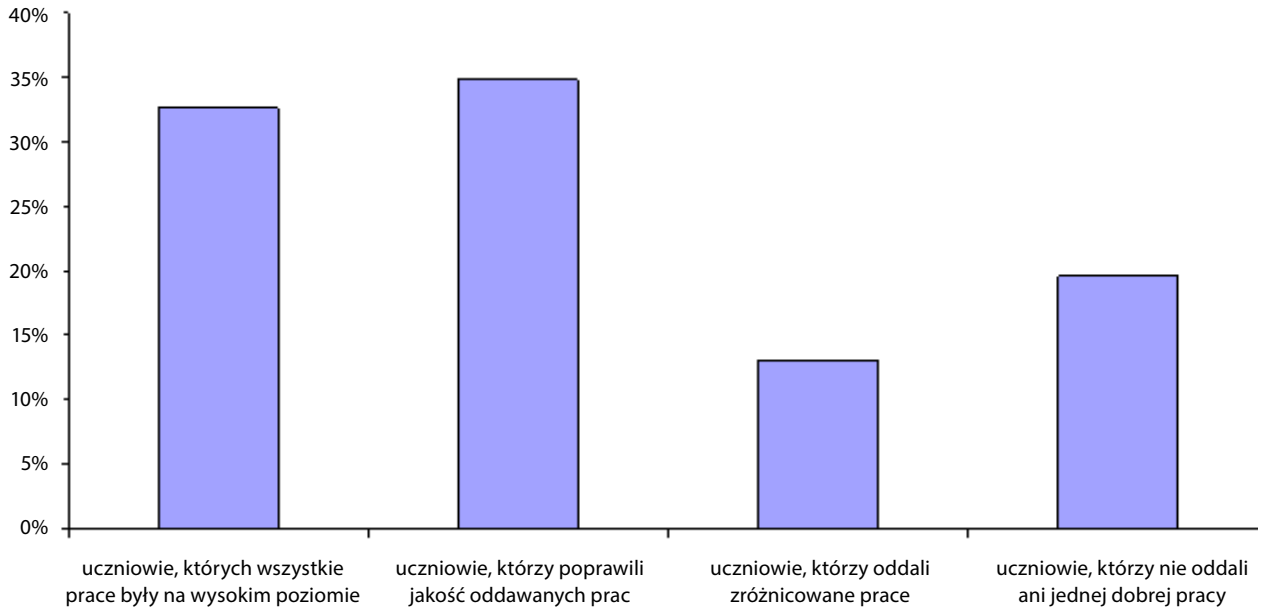
 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Szesnastu uczniów (35%) poprawiło jakość swoich prac podczas eksperymentu. Początkowo słabe prace z czasem stawały się coraz lepsze – uczniowie starali się wykorzystywać więcej niż jedno źródło, rezygnowali z mało wiarygodnych stron, np. zadane.pl. W pracach widać większą selekcję treści – wybór ważniejszych pojęć, wyjaśnianie nowych nie znanych sobie słów, dopasowywanie informacji do odpowiednich schematów i rysunków. Uczniowie Ci, po początkowych niepowodzeniach, włożyli znacznie więcej wysiłku w zadanie i starali się lepiej zrozumieć, na czym ma polegać ich praca.

Sześciu uczniów (13%) oddało bardzo zróżnicowane prace. Część z nich była bardzo dobra, a część słaba. W pracach tych uczniów nie można było dostrzec jakiejś prawidłowości czy poprawy czy pogorszenia jakości.

Dziewięciu uczniów (19,6%) nie wykonało poprawnie ani jednego zadania. Uczniowie Ci oddali prace głównie w postaci przekopiowanych w całości źródeł bez jakiejkolwiek selekcji. Ich prace były słabe, widać było, że nie włożyli żadnego wysiłku w ich przygotowanie (ryc. 4).

Ponad połowa (56%) uczniów, którzy poprawili jakość swoich prac podczas eksperymentu to uczniowie osiągający stosunkowo niskie wyniki edukacyjne z biologii. Poprawa jakości nie zawsze oznaczała, że ich prace były naprawdę dobre. Uczniowie ci starali się i coraz lepiej selekcjonowali informacje, odchodząc od bezmyślnego kopiowania całości dostępnych w Internecie źródeł, wybierali najważniejsze według nich pojęcia, starali się je wyjaśnić i zilustrować nimi dostępne schematy. Ich prace zmieniały również formę na bardziej przystępną i ułatwiającą dostęp do faktów. Oznacza to, że uczniowie ci musieli włożyć znacznie większy wysiłek w przygotowanie materiałów niż początkowo i stopniowo coraz lepiej rozumieli postawione przed nimi zadania. Co ciekawe, uczniowie o wysokich wynikach edukacyjnych stanowili całość grupy która przygotowywała zróżnicowane prace oraz niespełna 30% grupy, która przygotowała prace na wysokim poziomie. Większość najlepszych prac (73%) była przygotowana przez uczniów osiągających przeciętne wyniki z biologii.



Ryc. 4. Ocena prac uczniów biorących udział w badaniu

Dyskusja

Wyniki badania wskazują, że prawie 70% badanych uczniów ma problem z wykorzystaniem zasobów Internetu jako źródła wiedzy potrzebnej w procesie uczenia się. Należy im pokazać, jak robić to właściwie, gdyż ich umiejętności związane z właściwą selekcją treści są niewielkie. Uczniowie przyzwyczajeni są do kopiowania materiałów dostępnych w Internecie bez zastanowienia i jakiejkolwiek oceny ich przydatności i sensowności.

Jedynie 5% uczniów biorących udział w badaniu było w stanie zapisać pozyskane z Internetu informacje własnymi słowami. Zaledwie jedna trzecia uczniów od początku wykazywała się umiejętnościami selekcji informacji. 35% uczniów podniosło swoje umiejętności selektywnego wybierania informacji w czasie trwania eksperymentu. Zmuszeni do głębszego zastanowienia nad tematem, zaczęli różnicować dostępne informacje, tworzyć własne mapy pojęć czy łączyć je z odpowiednimi diagramami i rysunkami. Rozwinęli więc umiejętności związane z selekcjonowaniem informacji, a więc podstawy krytycznego myślenia.

30% uczestników badania nie zmieniło swojego poziomu, jeśli chodzi o opisywane umiejętności. 13% uczniów oddawało zróżnicowane prace, ich poziom najprawdopodobniej wynikał z czasu, jaki poświęca-

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

li na ich przygotowanie. Prawie 20% uczniów nie było w ogóle zainteresowanych podniesieniem swoich umiejętności w zakresie selektywnego korzystania z zasobów Internetu, a kolejne 25% w ogóle nie wzięło udziału w badaniu.

Wykorzystanie jako formy pracy zadań typu WebQuest pozwoliło na całkowite przeniesienie aktywności uczniów online. Struktura WebQuestu pozwala na podanie odpowiedniej ilości dostępnych w Internecie źródeł oraz wykorzystanie przygotowanej na lekcję przez nauczyciela prezentacji. Dla 41% uczniów slajdy prezentacji stały się wskazówką, jak wykonać zadanie – znalezione w źródłach internetowych informacje starali się połączyć z ilustracjami i schematami ukazanymi w prezentacji. Tworzenie takich map myślowych i diagramów opartych na slajdach prezentacji wymagało głębszej analizy dostępnych informacji.

Wyniki wskazują, że pomimo tego, jak popularne wśród młodzieży jest korzystanie z Internetu, jego wykorzystanie w celach naukowych stoi na bardzo niskim poziomie. Co istotne, uczniowie osiągający przeciętne wyniki edukacyjne w znacznie większym stopniu poprawili swoje zdolności, jeśli chodzi o wykorzystanie Internetu, niż uczniowie osiągający wyniki najwyższe. Wyniki te są spójne z wynikami badań przeprowadzonych w Wielkiej Brytanii w 2004 r. Pokazały one, że dzieci i młodzi ludzie wykorzystują Internet głównie dla zabawy i do kontaktu z innymi ludźmi. Należy ich nauczyć, jak wykorzystywać zasoby sieci w celach naukowych (Livingston i Bober, 2004). Moje badania pokazują również ślepą wiarę naszych uczniów w Internet – kopiują wszystko, bezmyślnie, nie stosują żadnej selekcji treści, ani nawet nie sprawdzają znaczenia słów, których nie rozumieją. Wykonanie pracy polegającej na czymś więcej niż przekopiowanie informacji sprawia im trudność.

Ważne jest więc aktywne nauczanie uczniów, jak właściwie, a często jak w ogóle selekcjonować informacje oraz ich źródła. Wydaje się istotne, by nauka ta obejmowała wszystkie przedmioty edukacyjne i wszystkich nauczycieli. Przedstawione badania będą kontynuowane.

Literatura:

Bartz WR (2002). CRITIC a simple guide to critical thinking. *Sceptical Inquier*, 26:42-54.

Matthies B (2005). The psychologist, the philosopher, and the librarian. The Information literacy version of CRITIC. *Sceptical Inquier*, 29:48-52.

Cosgrove R (2011). Critical Thinking in the Oxford Tutorial: a call for an explicit and systematic approach. *Higher Education Research & Development*, 30(3):343-356.

Mogensen F (1997). Critical thinking: a central element in developing action competence in health and environmental education. *Health Education Research*, 12(4):429-436.

Dodge B (1995). Some thoughts about webquests. [Online] Available: http://webquest.sdsu.edu/about_webquests.html.

March T (2003/2004). The Learning Power of WebQuests. *Educational Leadership*, 61(4):42-47.

MEN (2009). Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 23 grudnia 2008 roku w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz kształcenia ogólnego w poszczególnych typach szkół (*Journal of Laws* 2009 No 4 item 18), attachment 4: podstawa programowa kształcenia ogólnego dla gimnazjów i szkół ponadgimnazjalnych, których ukończenie umożliwia uzyskanie świadectwa dojrzałości po zdaniu egzaminu maturalnego.

Livingstone S and Bober M (2004). *Taking up opportunities? Children's uses of the internet for education, communication and participation. E-Learning*, 1(3):395-419.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Rola mediów i transformacji społecznych w kształtowaniu postaw dotyczących edukacji seksualnej

Karolina Czerwiec, Katarzyna Potyrala

Streszczenie:

Problemy biologii człowieka dotyczące płciowości należy rozpatrywać na podłożu biologicznym i społecznym. Kierunki zmian edukacyjnych są wynikiem postępu wiedzy oraz transformacji społecznych i kulturowych. Pojawiają się pytania o nowy model edukacji seksualnej w obliczu zmiany społecznej i wzrastającej roli mediów w kształtowaniu postaw (Chomczyńska-Miliszkiewicz, 2002; Giddens, 2007; Izdebski, Wąż, 2011; Stawarz, Czerwiec, 2011). Przyjęto hipotezę, że nieformalne źródła informacji na temat seksualności człowieka mają znaczący wpływ na edukację formalną w tym zakresie poprzez kształtowanie postaw nauczycieli i uczniów oraz popularyzowanie określonej wiedzy i modeli zachowań. Weryfikacja hipotezy miała miejsce podczas badań, którymi objęto 101 nauczycieli i studentów biologii – przyszłych nauczycieli. Zastosowano następujące metody i narzędzia badawcze: sondaż diagnostyczny, eksperyment pedagogiczny (przy użyciu skali postaw Thurtone'a), wywiad fokusowy. Przeprowadzone badania pozwoliły na sformułowanie wniosków i rekomendacji w zakresie edukacji seksualnej na różnych etapach kształcenia oraz odsłoniły nowe obszary badań nad rolą zmiany społecznej w szeroko pojętej edukacji.

Słowa kluczowe: edukacja formalna i nieformalna, media, edukacja seksualna, transformacje społeczne, postawy nauczycieli i studentów

otrzymano: 11.01.2014; przyjęto: 31.01.2014; opublikowano: 28.03.2014

Wstęp

Transformacje społeczne towarzyszące człowiekowi współczesnemu, kształtują jego zachowania i reakcje, również te dotyczące seksualności. Zachowania seksualne są obecne w funkcjonowaniu społeczeństw stanowiących współczesną cywilizację, która nie łączy ich tylko z prokreacją, lecz także z kształtowaniem osobowości i tożsamości każdego człowieka. Czynniki kulturowe formują wyobrażenie o ciele ludzkim: kobiecości, męskości, seksualności, i to one nadają znaczenie cechom biologicznym. Modelowana przez biologię płciowość może ulec zaburzeniom, anomaliom lub po prostu zmianie znaczenia i postrzegania, poprzez wpływ oddziaływań kulturowych zmieniających się zależnie od wymagań społecznych. Zdaniem wielu biologów i pedagogów (Giddens, 2007; Giordan, 2010; Kurzępa, 2007; Luciano, 2001; Melosik, 2010; Raisky, 2003) seksualność łączy ze sobą biologię ciała ludzkiego, tożsamość człowieka i systemy norm społecznych. Ponadto, zdaniem Chomczyńskiej-Miliszkiewicz (2002), ignorancja rodziców i brak wiedzy na temat rozwoju psychoseksualnego sprawia, że głównym źródłem edukacji seksualnej są rówieśnicy i media.

Konteksty społeczne są obecnie silnie powiązane z kontekstami treściowymi przekazywanymi głównie przez nieformalne źródła informacji. Uwarunkowania społeczne muszą być brane pod uwagę podczas badania postaw respondentów względem płci i biologii człowieka. Udział edukacji akcydentalnej poprzez reklamy telewizyjne, jej wpływ na postawy wobec seksualności rozpatrywano w kontekście kształtowania wiedzy biologicznej odbiorców kultury masowej. Punktem wyjścia był pogląd Melosika (2006, 2010), że we współczesnej kulturze ludzie postrzegani są przez pryzmat swoich ciał, a reklama kształtuje wręcz nierealne wyobrażenie o nim. Dlatego ikoniczny przekaz medialny może mieć wpływ na poziom edukacji seksualnej społeczeństwa. Rams (2011) twierdzi, że współczesne media są nieodłącznym elementem życia i podstawowym nośnikiem społecznych wartości, a odbiorcy komunikatów medialnych sami wybierają z nich treści nadając im indywidualne znaczenie.

Istnieje zagrożenie, że szkoła może nie nadążać za potrzebami edukacyjno-społecznymi. Wobec tego, zbadano postawy nauczycieli względem treści nauczania dotyczących biologii człowieka w celu udoskonalenia modelu nauczania, jaki powinna zaoferować szkoła oraz uczelnie kształcące przyszłych nauczycieli, aby mieć wpływ na edukację seksualną uczniów i odpowiadać na potrzeby społeczeństwa opartego na wiedzy.

Metodologia badań

Cele:

1. Zbadanie postaw nauczycieli i studentów względem informacji medialnych dotyczących seksualności człowieka i ich wpływu na kształtowanie postaw społecznych oraz modelu szkolnej edukacji seksualnej.
2. Zbadanie, czy transformacje społeczne w zakresie postrzegania ciała i tożsamości płciowej człowieka wpływają na zmiany w programach nauczania biologii oraz postawy różnych grup społecznych.
3. Zbadanie, czy edukacja uwzględniająca osiągnięcia nauki w zakresie biologii płci człowieka i transformację poglądów psycho-pedagogicznych na społeczne postrzeganie płci wpływa na postawy studentów – przyszłych nauczycieli.

dr Karolina Czerwiec: adiunkt w Zakładzie Edukacji, Komunikacji i Mediacji Przyrodniczej Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie, 31-054 Kraków, Podbrzezie 3; tel.: +48126626708;
e-mail: karolinaczerwiec@gmail.com

dr hab. Katarzyna Potyrała: profesorw Zakładzie Edukacji, Komunikacji i Mediacji Przyrodniczej Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie, 31-054 Kraków, Podbrzezie 3; tel.: +48126626708;
e-mail: potyrala@ap.krakow.pl ; potyrala2@wp.pl

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Problem badawczy:

Jaką rolę odgrywają media i transformacje społeczne w kształtowaniu się postaw nauczycieli i studentów wobec seksualności człowieka i czy edukacja uwzględniająca osiągnięcia nauki w zakresie biologii płci człowieka i transformację poglądów psycho-pedagogicznych na społeczne postrzeganie płci wpływa na postawy studentów – przyszłych nauczycieli?

Hipoteza:

Nieformalne źródła informacji na temat seksualności człowieka mają znaczący wpływ na edukację formalną w tym zakresie poprzez kształtowanie postaw nauczycieli i uczniów oraz popularyzowanie określonej wiedzy i modeli zachowań, które podlegają weryfikacji w konfrontacji z aktualną wiedzą przedmiotową.

Metody i narzędzia badawcze

Metody i narzędzia badawcze zaprezentowano w tabeli nr 1.

Dokonano przeglądu 13 programów nauczania przyrody w szkole podstawowej, 10 w gimnazjum i 10 w liceum, pod względem występowania w nich treści z zakresu biologii człowieka oraz 135 artykułów naukowych i konspektów lekcji publikowanych w „Biologii w Szkole" – czasopiśmie naukowo-dydaktycznym wydawanym od 1944 r. Przeprowadzono analizę artykułów pod kątem występujących w nim zagadnień z zakresu edukacji seksualnej oraz biologii człowieka ze szczególnym uwzględnieniem treści dotyczących seksualności. Kwartalnik drukował tylko materiały zgodne z obowiązującym w danym czasie programem nauczania. Artykuły są więc odzwierciedleniem tendencji programowych i zmian w programach nauczania. Opracowany przewodnik do analizy programów nauczania i podręczników szkolnych zawierał zagadnienia biologii człowieka z zakresu płciowości i seksualności, które podzielono na 10 kategorii tematycznych. Każda kategoria zawiera szczegółowe hasła biologiczne. Zawartość treściową szkolnych programów nauczania porównano z programem kształcenia studentów biologii UP w Krakowie w ramach przedmiotu studiów „Seksuologia".

Metody badawcze	Narzędzia badawcze
analiza dokumentów (i literatury przedmiotowo-metodycznej)	przewodnik do analizy dokumentów i literatury
eksperyment pedagogiczny (badanie postaw)	pre-test i post-test (skala postaw Thurstone'a)
sondaż diagnostyczny	kwestionariusz ankiety
	kwestionariusz wywiadu (fokusowego)

Tabela 1. Metody i narzędzia badawcze

Eksperymentem pedagogicznym objęto 40 studentów biologii (przyszłych nauczycieli) w celu sprawdzenia, czy zmienili nastawienie do szkolnej edukacji seksualnej pod wpływem zastosowanych czynników eksperymentalnych. Stanowiły je materiały edukacyjne opracowane według koncepcji badawczej autorek badań i zaleceń zawartych w krajowych i zagranicznych opracowaniach metodycznych oraz udostępnione studentom w trakcie zajęć z dydaktyki biologii. Wśród materiałów znalazły się artykuły z czasopism naukowych, rozdziały najnowszych monografii, fachowe strony internetowe oraz rozdziały zaktualizowanych podręczników. Studenci odbyli cykl zajęć i rozmów o płciowości, udostępniono im dodatkowe źródła wiedzy w postaci programów telewizyjnych, doniesień konferencyjnych dotyczących seksualności oraz działalności organizacji społecznych przeciwdziałających ksenofobii. W eksperymencie zastosowano badania testowe (pre- i post-test) za pomocą skali postaw Thurstone'a, które dotyczyły wzajemnej zależności edukacji seksualnej i mediów. Przyjęto, że badanie postaw respondentów będzie przebiegało w odniesieniu do mediów tradycyjnych, takich jak telewizja, czasopisma, tablice/plakaty reklamowe w postaci billboardów oraz nowych mediów: cyfrowych obrazów (reklam) oraz Internetu (stron, blogów, serwisów społecznościowych odnoszących się do płciowości).

Weryfikacji hipotezy dokonano też w oparciu o sondaż diagnostyczny (wywiad fokusowy), w którym wstępnie uczestniczyły dwie grupy studentów biologii II roku (w pierwszej grupie znalazło się 4 studentów, a w drugiej 8) oraz sondaż diagnostyczny przeprowadzony wśród 101 respondentów (27 nauczycieli biologii oraz 74 studentów biologii UP w Krakowie).

Wyniki badań

Analiza literatury

Analiza artykułów czasopisma wykazała, że w latach 40. XX wieku w ogóle nie poruszano tematów związanych z seksualnością, jakby płciowość człowieka w ogóle nie istniała. Nie było nawet mowy o edukacji seksualnej, co więcej – programy nauczania prawie w ogóle nie zawierały zagadnień z zakresu rozmnażania człowieka. Jedne z pierwszych artykułów odnoszących się do treści z zakresu edukacji seksualnej pojawiły się w latach 50. XX wieku i dotyczyły rozmnażania oraz programu nauczania i zawartych w nim zagadnień nauki o człowieku. Jednak przez dziesiątki lat zwiększała się liczba haseł programowych z zakresu biologii człowieka w kontekście płciowości, jaką realizowano w ramach szkolnej edukacji biologicznej. Ponadto, w ciągu ostatnich 70 lat przy okazji przeprowadzanych w polskim szkolnictwie reform programowych oraz zmian w programach nauczania biologii, lista zagadnień z zakresu płciowości znacznie się wydłużyła. Z czasem pojawił się również nowy przedmiot dotyczący seksualności, który w Polsce na przestrzeni kolejnych dziesięcioleci zmie-

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

niał zarówno swoją nazwę, jak i status szkolny (fakultatywność – obligatoryjność).

Za każdym razem, gdy wprowadzano nowy program lub przeprowadzano reformę programową, treści biologiczne z zakresu biologii człowieka były poszerzane. Wyraźnie widoczne jest to, jak wzrastała liczba haseł programowych dotyczących biologii człowieka w zakresie płci, które proponowano do realizacji w szkole. Zdecydowanie widoczna jest też zmiana w tematyce i w podejściu do wychowania. Pojawiła się bardzo duża liczba konspektów na temat budowy i funkcji układu rozrodczego, dojrzewania, ciąży, małżeństwa i rodziny, kilkakrotnie poruszono też kwestię środków antykoncepcyjnych. Zawsze kładziono nacisk na odpowiedzialność w życiu płciowym. W latach 80. i 90. XX wieku, ukazało się wiele konspektów i artykułów na temat AIDS i chorób przenoszonych drogą płciową. Obecnie programy nauczania koncentrują się głównie na zagadnieniach dotyczących anatomii i fizjologii człowieka oraz przebiegu ciąży i rozwoju płodowego. Wszystkie też kładą nacisk na higienę ciała i jej związek ze zdrowiem człowieka, rozwój osobniczy człowieka, a także problemy związane z okresem dojrzewania. Tylko nieliczne z przeanalizowanych programów nauczania publikowanych w latach 1995–2012 zawierają hasła dotyczące: rozwoju psychoseksualnego w okresie dojrzewania, akceptacji swojej seksualności, cyklu menstruacyjnego, AIDS, różnic w budowie kobiet i mężczyzn, poprawnego słownictwa związanego z płciowością. Pojedynczo występują w poszczególnych programach hasła związane z gwałtem, wymuszaniem kontaktów seksualnych, prostytucją czy pornografią.

Analiza porównawcza programu kształcenia studentów z przedmiotu „Seksuologia" i szkolnych programów nauczania wykazała, że wśród tematów omawianych na lekcjach przyrody w szkole podstawowej i biologii w gimnazjum i liceum znajduje się niewiele zagadnień z zakresu seksualności, które poruszane są w ramach studiów. W szkole podstawowej są to: fizjologia cyklu płciowego; naturalne metody antykoncepcyjne; choroby przenoszone drogą płciową: kiła, rzeżączka, opryszczka, AIDS i profilaktyka tych chorób; popęd seksualny a potrzeba miłości; znaczenie więzi emocjonalnych z rodzicami. W gimnazjum i liceum realizowane są te same zagadnienia, co w szkole podstawowej, a oprócz tego: antykoncepcja hormonalna; dwuskładnikowa tabletka antykoncepcyjna; „mini tabletka" progestagenna; popęd seksualny w wymiarze biologicznym, psychicznym i społecznym.

Analiza odpowiedzi respondentów na pytania ankiety

W odniesieniu do kwestii wpływu mediów na edukację seksualną młodych ludzi, ponad 50% studentów uznało, że komunikaty medialne o charakterze opiniotwórczym na temat seksualności, pojawiające się głównie w Internecie, często nie są dostosowane do wieku uczniów i etapu ich rozwoju psychicznego, natomiast filmy i czasopisma zawierają zbyt dużo scen erotycznych, co pobudza wyobraźnię uczniów i zachęca do przedwczesnej inicjacji seksualnej oraz często szerzy pornografię. Około 20% respondentów uznało, że wiele informacji przekazywanych przez media na temat seksualności jest wyrwanych z kontekstu, co powoduje braki w strukturze wiedzy uczniów, którzy niejednokrotnie są przekonani, że wiedzą już wszystko na temat seksualności. Zdaniem 25% studentów, uczniowie najczęściej korzystają z portali społecznościowych i informacyjnych, komunikatorów internetowych, for internetowych, stron z poradami dla młodzieży i poruszających tematy seksualności człowieka, o których nie ma mowy w trakcie szkolnej edukacji seksualnej. Zdaniem niemal 20% studentów, uczniowie odwiedzają też pornograficzne strony internetowe.

Analiza wywiadu fokusowego

Wpływ mediów na postawy uczniów wobec seksualności

Zdaniem studentów media (reklama, fora internetowe, telewizja, billboardy) mają duży wpływ na uczniów, bo każdy człowiek naśladuje pewne zachowania, które odbiera w postaci komuników werbalnych i wizualnych. Nieuzasadnione według studentów jest wprowadzanie edukacji seksualnej do przedszkoli. Wypowiedzieli się też jednoznacznie negatywnie na temat zabawek, jakie ostatnio zostały wprowadzone do szwajcarskich przedszkoli w ramach edukacji seksualnej.

Opinie uczestników wywiadu na temat programów dotyczących edukacji seksualnej

Większość studentów stwierdziła, że w Polsce powinny się pojawić programy typu „Korepetycje z seksu" popularne w Wielkiej Brytanii. Wdrażanie to powinno obejmować np. prezentowanie zdjęć objawów chorób przenoszonych drogą płciową, aby uświadamiać uczniom skutki podejmowania nieodpowiedzialnych kontaktów seksualnych. W opinii wszystkich badanych studentów, w Polsce taki program nie byłby łatwy do realizacji, bo „w większości polskich domów seks jest tematem tabu i zawsze będzie, a szkoda, bo dzięki niemu można się dowiedzieć wielu ciekawych rzeczy".

Eksperyment

Niemal wszyscy studenci podtrzymali pogląd, że w mediach (zarówno nowych, jak i tradycyjnych) powinny pojawić się działania na rzecz walki z prostytucją, która zwiększa ryzyko rozprzestrzeniania się AIDS oraz kreowania zaspokajania popędu seksualnego bez zaangażowania uczuciowego. Około 80% z nich niezmiennie twierdziło, że media powinny uświadamiać rodzicom, by nie przyjmowali wrogiej postawy wobec antykoncepcji ich dzieci, bo to wcale nie zniechęci mło-

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

dych ludzi do podejmowania kontaktów seksualnych, a nauczyciele są postrzegani przez uczniów jako niewiarygodne i niepewne źródło informacji o zdrowiu seksualnym. Około 70% respondentów stwierdziło, że uczniowie często pytają o tematy edukacji seksualnej i chętnie wyrażają swoje opinie na ten temat, a wątpliwości natury moralnej budzi nie seksualność występująca w reklamie, ale sposób jej wykorzystania w celach komercyjnych. Niewiele ponad połowa studentów, zarówno w pre-, jak i post-teście uznała, że media (głównie reklamowe obrazy telewizyjne i internetowe oraz utwory audiowizualne w postaci filmów) w zbyt dużym stopniu przedstawiają negatywne zachowania seksualne, ocierające się o perwersję i przemoc.

Post-test wykazał, iż 15% studentów zmieniło postawę wobec uświadamiania społeczeństwa w kwestii poznania istoty interseksualizmu. Uznali oni za konieczne szerzenie informacji o tym, że interseksualizm nie stanowi zagrożenia i nie jest wynikiem zaburzeń psychicznych, choć w pre-teście postrzegali to właśnie w ten sposób (tabela 2).

W post-teście wykazano, że 27,5% studentów zmieniło postawę wobec kampanii społecznych (happeningów, reklam promocyjnych, *public service advertising* – PSA) przełamujących poczucie niższości osób interseksualnych względem reszty społeczeństwa i uznało, że należy je organizować za pomocą przekazów medialnych w telewizji i internetowych serwisach społecznościowych (tabela 3).

Wyniki post-testu wykazały, że 15% respondentów zmieniło postawy względem filmów i reklam telewizyjnych i uznało, że nie są one wyłącznie źródłem negatywnych wzorców dla młodych ludzi. Wcześniej tego typu przekazy medialne postrzegali właśnie w kategorii zagrożenia (tabela 4).

Post-test wykazał, że 15% respondentów zmieniło postawę wobec pojawienia się w Polsce programu telewizyjnego edukującego młodzież w zakresie seksualności, czemu wcześniej byli przeciwni (tabela 5).

	post-test	
pre-test	nie	tak
nie	1	6
% całości	2,5%	15,0%
tak	0	33
% całości	0,0%	82,5%
	χ^2 McNemara	
test	4,17	p=0,04123

Tabela 2. Zmiana postaw respondentów względem uświadamiania w kwestii interseksualizmu

	post-test	
pre-test	nie	tak
nie	9	11
% całości	22,5%	27,5%
tak	0	20
% całości	0,0%	50,0%
	χ^2 McNemara	
test	9,09	p=0,00257

Tabela 3. Zmiana postaw respondentów wobec kampanii na rzecz osób interseksualnych

	post-test	
pre-test	nie	tak
nie	4	0
% całości	10,0%	0,0%
tak	6	30
% całości	15,0%	75,0%
	χ^2 McNemara	
test	4,17	p=0,04123

Tabela 4. Zmiana postaw respondentów względem filmów i reklam telewizyjnych, jako źródła negatywnych wzorców dla młodych ludzi

	post-test	
pre-test	nie	tak
nie	4	6
% całości	10,0%	15,0%
tak	0	30
% całości	0,0%	75,0%
	χ^2 McNemara	
test	4,17	p=0,04123

Tabela 5. Zmiana postaw respondentów wobec pojawienia się w Polsce programu telewizyjnego edukującego młodzież w zakresie seksualności

Dyskusja wyników

Zdaniem Chomczyńskiej-Miliszkiewicz (2002), edukacja seksualna powinna obejmować wszechstronnie wszystkie problemy życia seksualnego w odniesieniu do indywidualnych i kulturowych uwarunkowań oraz na tle postępu w dziedzinie nauk biologicznych, co uwzględniono w eksperymencie. Wyniki eksperymentu wykazały, że studenci biologii zmielili postawy względem problemów dotyczących biologii człowieka w zakresie płci i edukacji seksualnej. Zasadne wydaje się zatem popularyzowanie najnowszych wyników badań naukowych na temat problemów biologii człowieka, co ma wpływ na zwiększanie się świadomości społecznej w tym zakresie.

Osoby biorące udział w wywiadzie stwierdziły, że uczniowie traktują sprawy seksualności bardzo przedmiotowo, bardzo często korzystają z zakazanych dla nich stron internetowych, co powoduje, że mają niewłaściwe poglądy na kwestie zachowań seksualnych. Giddens (2007) twierdzi, że podstawą marketingu reklamy jest seksualność generująca przyjemność, co powiązane jest z wszechobecną na rynku wyobraźnią

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

seksualną generującą wiele zachowań seksualnych w kontekście czasopism, filmów i produktów medialnych. Sykała (2010) sugeruje, że media to zagrożenie dla kształtowania się tożsamości i seksualności młodych ludzi głównie poprzez proces seksualizacji. Konsekwencją jest zaburzanie tożsamości płciowej i samooceny dorastających młodych ludzi, występowanie u nich niezadowolenia z wyglądu swojego ciała. Zdaniem McDowella (2000), media deformują rzeczywistość sfery seksualnej – seks ukazywany w filmach, muzyce rozrywkowej, prasie, reklamach, ogłoszeniach jest zwykłą fikcją i nie ma nic wspólnego z faktami. Szczególnie niepokojący jest fakt, że raporty opublikowane w USA donoszą, że media zajmują trzecie miejsce (po rówieśnikach i rodzicach) wśród czynników kształtujących wartości i normy postępowania w pełni akceptowane przed młodych ludzi. Nieco odmienne zdanie na temat wpływu mediów na postawy seksualne młodych ludzi ma Izdebski (2006), który podaje, że Internet to często jedyne źródło wiedzy w tym zakresie seksualności, choć większość krajów europejskich zapewnia naukę na ten temat w szkole, a w Polsce aż 92% dorosłych ludzi deklaruje, że w szkołach powinno występować obowiązkowe wychowanie seksualne. Pozdał (2008) również sugeruje, że Internet ma pozytywne znaczenie jeśli chodzi o edukację seksualną, bo młodzi ludzie właśnie tutaj znajdują większość odpowiedzi na swoje pytania. Skowronek (2011) natomiast bardzo mocno podkreśla, że w kontekście sztuki filmowej pojęcie pełnego wyzwolenia od dyskursów kulturowych jest praktycznie metaforą, bo twórcy filmów nie są do końca „wolni" i autonomiczni w tworzeniu tematyki swoich dzieł. Podejmują oni taką tematykę, która interesuje odbiorcę. Dzieje się tak w przypadku filmów społecznych podejmujących zagadnienia kontrowersyjnych zjawisk społecznych, często również tematów tabu, np. kryzysie tożsamości, transpłciowości czy prostytucji. Powyższe rozważania skłaniają do podkreślenia edukacyjnej funkcji mediów. Ważną rolę odgrywa tu mediacja dydaktyczna, a więc współpraca biologów i pedagogów w kształtowaniu postaw wobec problemów biologii człowieka oraz sposobie przedstawiania ich w mediach.

Telewizja bardzo często kształtuje negatywne wzory postępowania, m.in. przesycone erotyką, czy stereotypowym podejściem do kwestii płci człowieka (Ejsmont i Kosmalska, 2009). Potwierdzają to opinie nauczycieli i studentów biologii objętych ankietą i eksperymentem. Sugerowane w reklamach telewizyjnych i na bilbordach modele zachowań, bardzo silnie wpływają na postawy młodzieży (Parafiniuk-Soińska, 2005). Respondenci w podobny sposób odnoszą się do promowania nieprawdziwych i niewłaściwych modeli zachowań, głównie w kontekście prezentowania „idealnego wyglądu" za pomocą ciał modelek oraz przekonywania, że należy realizować wszystkie swoje potrzeby i pragnienia, również w sferze seksualności.

Młodzież wskazuje, że najbardziej atrakcyjne dla nich cechy zewnętrzne (biologiczne) to: szczupłe i zadbane ciało, młody wygląd (Parafiniuk-Soińska, 2005). Takie kreowanie wizerunku ciała człowieka budzi zaniepokojenie nauczycieli i studentów biologii, którzy uznają, że jest to powodem powstawania kompleksów i niezadowolenia z własnej seksualności, głównie u młodych ludzi. Kurzępa (2007) podaje, że młodzież w okresie rozwijającej się sfery seksualnej ma ciągły kontakt z mediami i reklamą, nagością, cielesnością, erotyzmem. Przekazy te są szczególnie niebezpieczne dla kształtującej się jeszcze seksualności młodzieży, dojrzewania biologicznego, formowania się postawy wobec płci. Tym bardziej, że zdaniem respondentów dorośli mają zdolność różnorodnego interpretowania przekazywanych im treści, dzieci natomiast odbierają elementy prezentowane w ramach „kultury obrazkowej" jako dosłowny przekaz.

Należy jednak zaznaczyć, że współczesne społeczeństwo żyje w tzw. kulturze *instant*. Jedną z jej cech jest zasada tzw. *fast sex* – natychmiastowa satysfakcja seksualna, bez zobowiązań, zaangażowania emocjonalnego, który może przynieść w rezultacie „zarażenie się HIV, potem AIDS i śmierć" (Melosik, 2006). W tym kontekście ujawnia się pozytywna rola reklamy. Może ona bowiem pomóc w edukacji młodzieży i nauczyć krytycznego myślenia. To z kolei może spowodować większą ich aktywność na lekcjach, czyli również lepsze wyniki w nauce, a co za tym idzie – poprawę funkcjonowania społeczeństwa (Mitasa, 2003). Ponadto 70% respondentów niniejszych badań jest zdania, że moralne wątpliwości nie dotyczą obecności motywów seksualnych w reklamie, ale sposobu ich komercyjnego wykorzystywania. Na podstawie wyników badań należy podkreślić, że jedną z funkcji mediów jest edukowanie w zakresie poszerzania świadomości społecznej na temat problemów biologii człowieka w zakresie płci. Respondenci pod wpływem materiałów edukacyjnych dotyczących edukacji seksualnej stwierdzili, że filmy i reklamy telewizyjne, billboardy, blogi internetowe nie są wyłącznie źródłem negatywnych wzorców przekazywanych młodym ludziom. Oprócz tego 15% z nich zmieniło zdanie na temat programów telewizyjnych na temat seksualności adresowanych do dorastającej młodzieży. Uznali oni, że taka forma edukacji seksualnej powinna się pojawić w polskiej telewizji.

Wnioski

W obliczu szybkiego rozwoju nowych mediów oraz ich wpływu na postępowanie transformacji społecznych w zakresie seksualizacji, istnieje pilna potrzeba sprostania wyzwaniom, które stoją przed edukacją biologiczną poprzez interdyscyplinarne podejście do kwestii problemów biologii człowieka.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Zwiększający się zasięg oddziaływania tradycyjnych i nowych mediów oraz duża dynamika zmian w zakresie informacji, jakie przekazują, powoduje, że poziom wiedzy nauczycieli jest niewystarczający do prowadzenia zajęć edukacji seksualnej, że ich przygotowanie merytoryczne jest niewłaściwe i że nie są kształceni do dialogu. Istnieje konieczność zmiany modelu edukacji nauczycielskiej w tym zakresie, a także modyfikowania i modernizowania programów nauczania w zakresie edukacji seksualnej adekwatnie do zmieniających się faktów i realiów społecznych w danym zakresie.

Coraz silniejszy wpływ medialnych obrazów audiowizualnych w postaci reklamy i serwisów społecznościowych, transformacje społeczne i postęp nauk biologicznych wymuszają nowe spojrzenie na cele edukacyjne i model kształcenia w zakresie biologii człowieka. Cele nauczania biologii człowieka w zakresie płci powinny uwzględniać umiejętności krytycznego odbioru informacji na temat budowy i funkcjonowania ludzkiego ciała rozpowszechnianych przez tradycyjne i nowe media. Edukacja seksualna powinna być integralną częścią edukacji biologicznej i obok wiedzy przedmiotowej kształtować postawy, m.in. postawę odpowiedzialności za życie swoje i innych ludzi oraz tolerancję wobec odmienności i różnorodności biologicznej. Treści te muszą być bardziej obecne w edukacji nauczycielskiej, szczególnie w obliczu nadprodukcji informacji, z którą mamy do czynienia za sprawą rozwoju internetowych sposobów komunikacji takich jak fora, blogi i obrazy cyfrowe.

W związku z rozwojem mediów oraz coraz większym ich wpływem na rozwój młodzież, należy położyć większy nacisk na omawianie konsekwencji ryzykownych zachowań seksualnych.

Literatura:

Chomczyńska-Miliszkiewicz M (2002). *Edukacja seksualna w społeczeństwie współczesnym. Konteksty pedagogiczne i psychospołeczne*, UMCS, Lublin.

Ejsmont M, Kosmalska B (2009). Kultura popularna – dzieci i młodzież w świecie reklamy, *Obraz, przestrzeń, popkultura. Inspiracje badawcze w polu pedagogiki społecznej*, Mendel, ed., A Marszałek.

Giddens A (2007). *Przemiany intymności. Seksualność, miłość i erotyzm we współczesnych społeczeństwach*, PWN, Warszawa.

Giordan A (2010). Du Corpus Objet au Corpus Auteur, proceedings of XXVI Journees Internationales, Chamonix.

Izdebski Z (2006). *Seksualność Polaków w dobie HIV/AIDS. Studium porównawcze 1997-2001-2005,* Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra.

Izdebski Z, Wąż K (2011). Edukacja seksualna, *Edukacja. Studia. Badania. Innowacje*, 1 (113): 47-60.

Kurzępa J (2007). *Zagrożona niewinność. Zakłócenia rozwoju seksualności współczesnej młodzieży,* Oficyna Wydawnicza Impuls, Kraków.

Luciano L (2001). *Looking Good. Male Body Image in Modern America*, New York.

McDowell J (2000). *Mity edukacji seksualnej*, Vacatio, Warszawa.

Melosik Z (2006). *Tożsamość, ciało i władza w kulturze instant*, Impuls, Kraków.

Melosik Z (2010). *Kryzys męskości w kulturze współczesnej*, Impuls, Kraków.

Mitasa A (2003). *Media i edukacja w aspekcie globalizacji*, UŚ, Cieszyn.

Parafiniuk-Soińska J (2005). Młodzież wobec kultury masowej, *Edukacja. Studia, Badania, Innowacje*, 1(89): 56-64.

Pozdał M (2008). Cyberseks – cyberprzyjemność? Internetowa Aktywność Seksualna. Nowe możliwości i zagrożenia, *Tabu seksuologii. Wątpliwości, trudne tematy, dylematy w seksuologii i edukacji seksualnej*, Jodko A, ed., Wydawnictwo SWPS Academica, Warszawa.

Rams P (2011). Queerowanie mediów. Polityczność i emancypacja w wizualnej przestrzeni, *New Media (Studies*), Kopecka-Piech K, Woźny A, ed. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.

Raysky C (2003). *Les valeurs du corps dans la société contemporaine*, Educagri Ed.

Skowronek B (2011). *Film w przestrzeni audiowizualnej. Studia. Szkice. Interpretacje*, Wydawnictwo Lexis, Kraków.

Sykała K (2010). Zjawisko seksualizacji zagrożeniem dla niewinności, *Remedium*, 1: 57-59.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Laboratorium pod lupą

Od socjologii nauki do edukacji przyrodniczej, ścisłej i technicznej

Marcin Zaród

Streszczenie:

Studia nad nauką i technologią (*Science and technology studies*) objęły wiele aspektów codziennej praktyki naukowej przy użyciu różnych narzędzi nauk społecznych. Na skutek tych badań odkryto wiele elementów odpowiedzialnych za kształcenie osób zajmujących się nauką. Artykuł prezentuje wybrane koncepcje i podejścia w ramach tego programu badawczego, szczególnie w ramach socjologii. Artykuł prezentuje stan badań empirycznych i teoretycznych oraz możliwości ich zastosowania do wzbogacania kształcenia naukowego, przyrodniczego, technicznego lub ścisłego w zakresie szkoły średniej.

Słowa kluczowe: studia nad nauką i technologią, edukacja przyrodnicza, socjologia nauki, historia nauki

otrzymano: 20.01.2014; przyjęto: 7.03.2014; opublikowano: 28.03.2014

mgr inż. Marcin Zaród: fizyk, socjolog nauki i techniki, doktorant w Instytucie Socjologii Uniwersytetu Warszawskiego, członek łódzkiego Fab-Labu; współpracuje z Obywatelami Nauki oraz Fundacją Nowoczesnej Nauki; członek świetlicy Krytyki Politycznej w Łodzi.

Klasyczne koncepcje filozoficzne rozwijane na początku dwudziestego wieku w Europie doprowadziły do powstania pozytywizmu logicznego i falsyfikacjonizmu. Pierwszy był kojarzony z Kołem Wiedeńskim i kładł nacisk na rozumowanie indukcyjne (ekstrapolacja danych do formy teorii). Drugi (stworzony przez Karla Poppera) kładł nacisk na możliwość weryfikacji hipotez. Pomimo krytyki obie koncepcje pozostają istotnym kanonem kształcenia w naukach ścisłych i przyrodniczych (Sismondo, 2011). Rozwój obu tych teorii odbywał się pod silnym wpływem fizyki einsteinowskiej. Obie teorie były oparte na danych historycznych lub też wyłącznie na rozumowaniu abstrakcyjnym.

Obie koncepcje niewystarczająco opisywały jednak badania prowadzone w bardziej złożonych grupach społecznych (np. w programie Manhattan lub sekwencjonowaniu genomu). Były też mniej użyteczne w naukach stosowanych, modelowaniu komputerowym lub w przypadku kontrowersji naukowych. W poniższym artykule zostaną zaprezentowane podstawowe koncepcje skupiające się na tych zagadnieniach oraz ich stosowanie w praktyce edukacyjnej. Z powodu rosnącej złożoności społecznej roli badaczki lub inżyniera, koncepcje filozoficzne lub etyczne muszą być uzupełnione szerszą perspektywą socjologiczną.

Prehistoria studiów nad nauką i technologią

Pozostając w cieniu tych koncepcji, Ludwik Fleck, polski lekarz pracujący w międzywojniu, opublikował serię artykułów naukowych opisujących codzienną pracę w laboratorium mikrobiologicznym (w Instytucie Weigla). Publikacje ukazywały się w polskiej prasie medycznej od 1927 do 1936 roku i stanowiły punkt wyjścia do książki (*Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsach*). Pierwsze wydanie ukazało się w języku niemieckim (powszechnym w ówczesnym dyskursie socjologicznym). Tłumaczenie angielskie (z 1976 roku) było zatytułowane *The Genesis and Development of a Scientific Fact*. Pisma Flecka silnie wpłynęły na koncepcje Thomasa Kuhna zawarte w *Strukturze rewolucji naukowych* (Kuhn, 1962). Obaj autorzy podkreślali znaczenie czynników społecznych w pracy naukowej. Edukacja zapewnia podstawy wiedzy zawodowej. Ścieżka lub trajektoria kariery naukowej faworyzuje pewne typy osobowości bardziej niż inne. Podział pracy i dynamika grupy mają również wpływ na charakterystykę profesji badawczych. Wszystkie te czynniki przyczyniają się do tworzenia pewnych „kolektywów myślowych, unikalnych dla danego okresu w historii nauki" (wg teorii Kuhna) lub nawet poszczególnych szkół lub dziedzin badawczych (wg koncepcji Flecka).

Podejście socjologiczne było różne od teorii proponowanych przez filozofów. Podział ten pozostaje wciąż aktualny we współczesnej literaturze filozoficznej. Najważniejszą zasługą Flecka i Kuhna był wkład w rozwój nowej gałęzi socjologii, określanej mianem „studiów nad nauką i technologią" (*Science and Technology Studies* – STS). W ramach tego nurtu mniej skupiano się na teoriach epistemologicznych, kładziono za to większy nacisk na badania uczestniczące, wywiady i inne metody empiryczne (w ramach nauk społecznych). Po niespełna 50 latach badań socjologicznych lub antropologicznych nad różnymi zespołami naukowymi, podejście to zaowocowało koncepcjami użytecznymi w edukacji matematycznej, technicznej lub przyrodniczej. Prace empiryczne zachowują tę użyteczność niezależnie od filozoficznych rozstrzygnięć.

Mocny program socjologii wiedzy

Rozwój STS został podzielony na trzy główne etapy (Hackett / Society for Social Studies of Science, 2008). W pierwszej fazie (od Kuhna do wczesnych lat 90. XX

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wieku) skupiono się na badaniach etnograficznych w laboratoriach. W drugiej fazie, rozwinięto badania nad rolą nauki w krajach rozwijających się. Trzecia faza podkreśla rolę zaangażowania publicznego w nauce oraz rolę szerszych kontekstów społecznych (np. zmiany klimatyczne). Żadna z tych faz nie została zakończona, stanowią one raczej kolejne odnogi badań niż zamknięte etapy.

W trakcie pierwszej fazy, naukowcy i badacze zjawisk społecznych skoncentrowali się na badaniu laboratoriów „twardych nauk" (ang. *hard sciences*), by opisać codzienne praktyki „plemion w fartuchach laboratoryjnych". Dzięki użyciu metod jakościowych socjologii i antropologii (zakorzenionych w interakcjonizmie symbolicznym lub teorii ugruntowanej) powstały raporty z wieloletnich badań etnograficznych i wywiadów. Czasami sami socjologowie i antropolodzy stawali się przyrodnikami lub biologami. Jedną z najważniejszych prac z tego okresu jest *Laboratory Life* (Latour i Woolgar, 1986), opisująca badania nad syntezą białek w Instytucie Salka. Autorzy pokazali, że standaryzacja procedur i wyników bywa bardziej istotna niż formalna weryfikacja hipotez. Książka ta może być szczególnie cenna dla uczniów i uczennic zainteresowanych naukami biologicznymi i środowiskowymi.

Inną ważną motywacją (szczególnie w Polsce) były badania nad efektywnością i ergonomią laboratoriów (Pełka-Pelińska, 1973; Cichomski, 1976). Badania prowadzone w Europie Wschodniej pozostawały poza głównym nurtem STS z powodów politycznych. Stawiały sobie skromniejsze cele teoretyczne (raczej raportowanie niż próby odpowiedzi na klasyczne problemy epistemologii), ale pozostają istotnym punktem odniesienia, ponieważ każda praktyka naukowa powinna być zawsze analizowana z uwzględnieniem perspektywy historycznej.

Istotnym punktem odniesienia dla STS na zachodzie były założenia badawcze Mocnego Programu Socjologii Wiedzy, stworzonego przez kadry Uniwersytetu Edynburskiego. Główne punkty tego programu to (Sismondo, 2011):

- **Przyczynowość.** Program miał skupiać się na warunkach tworzenia wiedzy i przekonań.
- **Bezstronność.** Program ma być bezstronny w odniesieniu do prawdy i fałszu, racjonalności lub nieracjonalności, sukcesu lub porażki. Obie strony każdej z tych dychotomii będą wymagały wyjaśnień.
- **Symetria.** Teorie sfalsyfikowane będą badane przy pomocy tych samych narzędzi co ich prawdziwe odpowiedniki.
- **Refleksyjność.** Wszystkie te założenia będą się też odnosiły do badań socjologicznych prowadzonych w ramach samego programu.

Program Edynburski był tworzony i stosowany w badaniach prowadzonych m.in. przez Davida Bloora, Barry'ego Barnesa czy Donalda MacKenzie (Bloor, 1992; Barnes i wsp., 1996). Być może najciekawszą (z perspektywy zainteresowań uczniowskich) pracą jest historia statystyki w Wielkiej Brytanii od 1865 do 1930 roku (MacKenzie, 1981). Pokazuje ona, w jaki sposób koncepcje matematyczne mają znaczenie w strukturach państwa, polityki i innych procesach społecznych.

Mocny Program był krytykowany z różnych perspektyw. Oskarżano go m.in. o odrzucanie realizmu, racjonalności lub prawdy. Podobne zastrzeżenia były też formułowane wobec innych badań w ramach STS. Rozstrzygnięcie dylematów filozoficznych związanych z Mocnym Programem lub STS jest poza obszarem zainteresowań tego tekstu, szczególnie, że dyskusje teoretyczne nie podważają wartości badań empirycznych.

Wizualizacja i majsterkowanie

Pod wpływem tez i krytyki Programu Edynburskiego Bruno Latour, Jaw Law i Michael Callon rozwinęli nową koncepcję, określaną mianem teorii aktora-sieci (*Actor-Network Theory* – ANT). Według założeń tej koncepcji, efektywność odkryć naukowych zależy od możliwości tworzenia połączeń między ludźmi i aktorami nieludzkimi – np. bakteriami, maszynami, dokumentami etc. (Abriszewski, 2012). Przykładowo, analiza badań Ludwika Pasteura pokazuje, w jaki sposób postrzeganie bakterii kwasu mlekowego stopniowo wyłaniało się z kolejnych eksperymentów (Lateour, 1988).

Innym ważnym problemem były badania nad wizualizacjami danych naukowych, czyli badanie znaczenia procesów obrazowania, schematów i wzorów – np. obwodów elektrycznych, wzorów strukturalnych w chemii (Latour, 1986). Z uwagi na przejrzystość i praktyczność przykładów, esej ten (*Wizualizacja i poznanie*) może być używany na zajęciach łączących tematykę naukową z refleksją na temat sztuki[1].

Znaczenie praktyki i działań manualnych w procesie badawczym było też podkreślane w pracach Karin Knorr-Cetiny, która porównała pracę laboratoryjną w fizyce cząstek i w mikrobiologii (Knorr-Cetina, 1999). Główną koncepcją pomagającą w analizie było pojęcie „kultury epistemicznej", obejmującej podejście danej dyscypliny do różnych typów wiedzy (z podręczników, z symulacji, z danych empirycznych, z prognoz teoretycznych), podział pracy w laboratoriach oraz autopercepcję naukowców i badaczek z różnych dziedzin. W ramach tego badania pokazano kulisy pracy w CERN i w Instytucie Maxa Plancka, stąd może być

1 Esej jest dostępny pod adresem: http://avant.edu.pl/wp-content/uploads/T2012-wizualizacja-i-poznanie.pdf [dostęp: 9 marca 2013].

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

ono interesujące dla osób rozważających karierę, w którejś z tych dwóch dziedzin.

Badanie to pokazało też istotną rolę praktyki manualnej (dosł. majsterkowania przy sprzęcie – ang. *tinkering*). Spostrzeżenie to jest zgodne z badaniami kognitywistycznymi lub wybranymi koncepcjami pedagogiki progresywnej – przykładowo praca manualna z pipetą lub lutownicą wymusza inne sposoby myślenia i analizy (Afeltowicz, 2012). Czasami prace ręczne pozwalają na tworzenie nowych perspektyw badawczych (np. w wyniku wymiany opinii między osobami posługującymi się różnymi narzędziami).

Kontrowersje i katastrofy

Jednym z najważniejszych wskazań metodologicznych STS było skupienie się na kontrowersjach naukowych. Rutyna „normalnej nauki" często staje się „czarną skrzynką", która działa w stabilnym otoczeniu społecznym. Stabilność i powtarzalność czynią obserwacje trudniejszymi, ponieważ wiele czynników uznawanych za „normalne" lub „naturalne" stanowi rezultat czynników historycznych i lokalnych. Kontrowersje naukowe (oszustwa, debaty publiczne lub powiązanie z polityką) często prowadzą do otwarcia nowych perspektyw w patrzeniu na naukę lub rekonfiguracji roli społecznej badaczy i obywateli (Latour, 2005; Bińczyk, 2012).

Medycyna i nauki o życiu stanowią jedno z takich publicznie dyskutowanych pól. Sprawy medyczne często stają się przedmiotem dyskusji publicznej (szczepionki, definicja śmierci medycznej i zastosowania biotechnologii). Te same problemy są też często badane przez różnych naukowców i badaczki z dyscyplin społecznych (Martin, 1996; Burri i Dumit, 2007; Fisher, 2011), często z uwzględnieniem perspektyw feministycznych. Większość z tych badań jest zbyt złożona jak na potrzeby zwykłego ucznia lub uczennicy, ale kursy wstępne STS często korzystają z dziennikarstwa popularnonaukowego. Przykładowo: książki Bena Goldacre (brytyjskiego lekarza) pokazują szereg problemów związanych z wdrażaniem nowych leków. Tego rodzaju lektury mogą kształtować krytyczne myślenie w zakresie medycyny (Goldacre, 2010). Innym przykładem może być opracowanie autorstwa Naomi Oreskes i Erica Conwaya, pokazujące, w jaki sposób kampania przeciwko klimatologii splata się z zimnowojenną fizyką i lobby przemysłowym (Oreskes i Conway, 2010). Polska socjologia (deklarująca się poza nurtem STS) również wniosła istotny wkład, pokazując szereg zjawisk związanych z mobilnością międzynarodową naukowców (Wagner, 2011).

Podobne koncepcje mogą być też stosowane do analizy nauk technicznych i stosowanych. Wychodząc od pozornie trywialnych zagadnień, Wiebe Bijker pokazał jak szereg aspektów społecznych (kryteria elegancji ubioru, koszt, opinia publiczna, zmiany społeczne) wpłynęły na rozwój rowerów (Bijker, 1995). Louis Bucciarelli i Dariusz Jemielniak analizowali pracę w firmach zajmujących się zaawansowaną technologią (Buciarelli, 1994; Jemielniak, 2012). Błędy krytyczne w funkcjonowaniu techniki były również przedmiotem analizy – np. decyzja o zezwoleniu na start promu Challenger była analizowana pod kątem różnych procesów społecznych (Vaughan, 1996). Pracę tę można polecić jako kontynuację dla popularnej książki Richarda Feynmanna (1988). Problemy etyczne związane z zawodem inżyniera również były przedmiotem badań utrzymanych w nurcie klasycznej socjologii pracy (Mucha, 2009).

W obrębie fizyki, badania STS badania nad kontrowersjami pokazały dylematy etyczne fizyków jądrowych (Gusterson, 1996) i debat nad zimną fuzją (Collins i Pinch, 1993). Istotnym wkładem jest koncepcja „wiedzy ukrytej" stworzona przez Michaela Polanyiego, charakteryzująca dane, które nie mogą być przekazane w formie tekstu lub wykładu (Polanyi, 1958). Zdobycie tego rodzaju wiedzy wymaga doświadczenia osobistego. Koncepcja ta była używana w STS przy wyjaśnieniu, jak badania nad jednym z rodzajów laserów były hamowane przez konieczność zmiany perspektywy kulturowej (Collins, 1974).

STS w edukacji powszechnej

Edukacja pozostaje jednym z najważniejszych czynników kształtujących praktykę naukową. Istotnym wkładem w nurt STS były prace Johna Zimana (1980), który nakreślił zarysy włączenia badań STS do edukacji ścisłej, przyrodniczej lub technicznej:

W ramach **podejścia zawodowego** nauczanie koncentruje się na rozszerzaniu wiedzy o praktyce medycznej, naukowej lub inżynierskiej. Nurt STS zgromadził wiele badań opisujących różne grupy zawodów naukowych, które mogą być użyte jako materiały źródłowe do referatów, dni kariery czy doradztwa zawodowego. Złożone, prestiżowe projekty naukowe często wymuszają kompromis między potrzebami różnych grup społecznych. Dla osób zainteresowanych karierami medycznymi Ben Goldacre może stanowić znakomite wprowadzenia (2010). Dla zainteresowanych techniką i inżynierią wskazane są inne lektury (Buciarelli, 1994; Vinck, 2003).

Podejście interdyscyplinarne sugeruje budować nauczanie na podstawie pojedynczej koncepcji (np. energii), zamiast na bazie danej dyscypliny. Tego rodzaju postulaty były wysuwane przez różne podstawy programowe (Bybee, 2013), w tym przez polską. STS może wzbogacić lekcje o analizy czynników społecznych kształtujących naukę. Być może najwięcej tego rodzaju analiz można znaleźć w książce Latoura (1999), w której pokazano elementy gleboznawstwa, biotechnologii i fizyki jądrowej.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Podejście historyczne od dawna było częścią edukacji przyrodniczej (w formie biografii). John Ziman proponował wersję bardziej subtelną, skupiającą się na czynnikach społecznych, które przyczyniły się do sukcesu danego odkrycia. W tego rodzaju analizach można rozwijać jednocześnie autorefleksję przyszłych naukowców i badaczek oraz lepsze rozumienie procesów historycznych. Historia cholery i inżynierii sanitarnej autorstwa Stevena Johnsona stanowi świetny przykład łączenia wyobraźni naukowej i historycznej (Johnson, 2006). Polscy czytelnicy i czytelniczki mogą skorzystać z podobnej pracy w języku ojczystym (Nowak, 2013). Wzajemne zależności między biologią a rozwojem cywilizacji są pokazane w książkach Jareda Diamonda na temat ludów pierwotnych (2005). Istotnym źródłem może być również historia społeczna – zajęcia z XIX-wiecznej Rewolucji Przemysłowej lub rolnictwa mogą być łatwo połączone z edukacją przyrodniczą (Hobhouse, 2010; Kopczyński, 2009).

Podejście filozoficzne powinno również zawierać odniesienia do STS. Osoby myślące o studiach humanistycznych powinny mieć podstawowe rozeznanie we współczesnych dyskusjach ontologicznych związanych z STS lub kognitywistyką. Ian Hacking zaproponował przykładowe zajęcia tego typu oparte na analizie tego samego odkrycia geologicznego z różnych perspektyw filozoficznych (Hacking, 1999). Inne podejście (bardziej znane w filozofii, choć mniej przystępne) było rozwijane w ramach filozofii techniki Lewisa Mumforda (Mumford, 1967).

Podejście socjologiczne może być stosowane do analizy pracy w grupach. Można wykorzystać koncepcję „kultury epistemicznej" (Knorr-Cetina, 1999), aby scharakteryzować różne grupy tworzące wiedzę. Podejście to jest stosowane też w konkursach dla młodych naukowców: np. międzynarodowy konkurs biologii syntetycznej obejmuje również dział „ludzka praktyka" (ang. *human practice*), który opisuje zjawiska etyczne i socjologiczne związane z pracą naukową w danym projekcie.

Z uwagi na znaczenie dla nauki, edukacja przyrodnicza stała się obiektem zainteresowań badawczych STS. W ramach tego pola badawczego prowadzono analizy treści podręczników i stosowano inne metody badań historycznych. Przykładowo, Karl Hall analizował znaczenie kursu fizyki teoretyczne autorstwa duetu Landau-Lifszyc dla rozwoju fizyki rosyjskiej (Hall, 2005). Inne badania obejmują rozwój metod matematycznych w ramach inżynierii elektrycznej (Gooday, 2005).

Stan badań

Badania nad nauką i technologią stały się istotną częścią dzisiejszych nauk społecznych. Zajęcia związane z tym nurtem są prowadzone na większości wiodących uczelni, zarówno jako główna specjalizacja, jak i jako kurs uzupełniający. Zarówno europejskie, jak i światowe organizacje skupiające badaczy tych zjawisk organizują co dwa lata konferencje naukowe. W 2014 roku kongres europejski STS odbędzie się w Toruniu.

Dla osób zainteresowanych karierą w zawodach naukowych STS zapewnia wgląd w ich przyszłe środowisko zawodowe i zapewnia podstawy socjalizacji do nowej roli zawodowej. Dla pozostałych STS może być użyty do przezwyciężania niechęci do nauk ścisłych lub technicznych i dla wzbogacenia rozumienia znaczenia i przebiegu publicznych debat na tematy naukowe.

Z uwagi na interdyscyplinarny i empiryczny charakter STS zapewnia cenny wkład w dyskusje na temat roli nauki i techniki we współczesnych społeczeństwach. Użycie dziedzictwa tego programu w edukacji powszechnej może pokazać dodatkowe perspektywy analiz, cenne dla różnych grup uczniowskich.

Uwagi końcowe

Celowo pominąłem dyskusję między realizmem a konstruktywizmem, które doprowadziły do „wojen o naukę" (Mooney i Kirshenbaum, 2009). Przebieg tych debat można znaleźć w literaturze (Hacking, 1999; Yearley, 2005; Hackett / Society for Social Studies of Science, 2008). Szczegóły tych debat mogą być ciekawe dla nauczycieli i uczniów zainteresowanych filozofią lub teorią socjologiczną, jednak z uwagi na ich złożoność są mniej przystępne dla szerszego grona. Z tego powodu zdecydowałem się raczej na przedstawienie różnych podejść empirycznych w kontekście edukacyjnym, ponieważ taki rodzaj publikacji może być użyteczny dla osób bez przygotowania filozoficznego. Z tych powodów ograniczyłem bibliografię filozoficzną wyłącznie do kluczowych prac, niezbędnych do zrozumienia ewolucji programu STS.

Innym problemem była klasyfikacja. Jako pole zróżnicowane i interdyscyplinarne, STS niełatwo poddaje się ścisłym definicjom. Chociaż nie każdy z cytowanych autorów i autorek określiłby się jako część STS, niektórzy z nich stali się „niechętnymi klasykami" lub „klasycznymi przykładami" w ramach kursów akademickich.

Najważniejsze prace STS zostały opublikowane w języku angielskim, co ogranicza ich przydatność do grona osób biegle posługujących się językiem obcym. Część książek jest jednak bardziej przystępna niż inne (oznaczyłem je kolorem niebieskim w bibliografii).

Literatura:

Abriszewski K (2012). *Poznanie, zbiorowość, polityka. Analiza teorii aktora-sieci Bruno Latoura*. Kraków, Universitas.

Afeltowicz Ł (2012). *Modele, artefakty, kolektywy. Praktyka badawcza w perspektywie współczesnych studiów nad nauką*. Toruń, UMK Press.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Barnes B, Bloor D, Henry J (1996). *Scientific knowledge: a sociological analysis*. London, Athlone.

Bijker WE (1995). *Of bicycles, bakelites, and bulbs: toward a theory of sociotechnical change*. Cambridge, Mass., MIT Press.

Bińczyk E (2012). *Technonauka w społeczeństwie ryzyka*. Toruń, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.

Bloor D (1991). *Knowledge and social imagery*. Chicago, University of Chicago Press.

Bucciarelli LL (1994). *Designing engineers*. Cambridge, Mass., MIT Press.

Burri RV, Dumit J (ed.) (2007). *Biomedicine as culture: instrumental practices, technoscientific knowledge, and new modes of life*. New York, Routledge.

Bybee RW (2013). *The case for STEM education*. Arlington, NSTA Press.

Cichomski B (1976). *Nauka jako instytucja społeczna*. Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Naukowe.

Collins H (1974). The TEA Set: Tacit Knowledge and Scientific Networks. *Science Studies*, 4: 165-186.

Collins HM, Pinch TJ (1993). *The golem: what everyone should know about science*. Cambridge England; New York, NY, USA, Cambridge University Press.

Diamond JM (2005). *Guns, germs, and steel: the fates of human societies*. New York, Norton.

Feynman RP (1988). *What do you care what other people think?* New York, Norton.

Fisher JA (2011). *Gender and the science of difference: cultural politics of contemporary science and medicine*. New Brunswick, N.J., Rutgers University Press.

Goldacre B (2010). *Bad science: quacks, hacks, and big pharma flacks*. New York, Faber and Faber.

Gooday G (2005). Fear, Shunning, and Valuelessness: Controversy over the Use of "Cambridge" Mathematics in Late Victorian Electro-Technology. In: Kaiser D, ed. *Pedagogy and Practice of Science*. Boston, MIT Press: 111-151.

Gusterson H (1996). *Nuclear rites: a weapons laboratory at the end of the Cold War*. Berkeley, University of California Press.

Hackett EJ and Society for Social Studies of Science (2008). *The handbook of science and technology studies*. Cambridge, Mass., MIT Press; Published in cooperation with the Society for the Social Studies of Science.

Hacking I (1999). *The social construction of what?* Cambridge, Mass, Harvard University Press.

Hall K (2005). Think less about the foundations: A short course on Landau-Lifshitz's Course of Theoretical Physics. In: Kaiser D, ed. *Pedagogy and Practice of Science* Boston, MIT Press: 253-287.

Hobhouse H (2010). *Ziarna zmian. Sześć roślin, które zmieniły oblicze świata*. Warszawa, MUZA.

Jemielniak D (2012). *The New Knowledge Workers*, Edward Elgar Publishing.

Johnson S (2006). *The ghost map: the story of London's most terrifying epidemic and how it changed science, cities, and the modern world*. New York, Riverhead Books.

Knorr-Cetina K (1999). *Epistemic cultures: how the sciences make knowledge*. Cambridge, Mass., Harvard University Press.

Kopczyński M (2009). *Ludzie i technika*, Oficyna wydawnicza „Mówią wieki".

Kuhn TS (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago, University of Chicago Press.

Latour B (1986). Visualization and Cognition. Thinking with eyes and hands. *Knowledge and Society*. 6: 1-40.

Latour B (1988). *The pasteurization of France*. Cambridge, Mass., Harvard University Press.

Latour B (1999). *Pandora's Hope*. Boston, MA, Harvard University Press.

Latour B (2005). *Reassembling the social: an introduction to actor-network-theory*. Oxford–New York, Oxford University Press.

Latour B (2012). Wizualizacja i poznanie. Zrysowywanie rzeczy razem. *Avant*, III(T): 207-257.

Latour B, Woolgar S (1986). *Laboratory life: The construction of scientific facts*. Princeton, N.J., Princeton University Press.

MacKenzie DA (1981). *Statistics in Britain, 1865-1930: the social construction of scientific knowledge*. Edinburgh, Edinburgh University Press.

Martin B (1996). Sticking a Needle into Science: The case of Polio vaccines and the Origin of AIDS. *Social Studies of Science*, 26: 245-276.

Miścicka A (2013). Biologia syntetyczna – nowa gałąź biologii. *Edukacja Biologiczna i Środowiskowa*, 4: 17-22.

Mooney C, Kirshenbaum S (2009). *Unscientific America*. New York, Basic Books

Mucha J (2009). *Uspołeczniona racjonalność technologiczna: Naukowcy z AGH wobec cywilizacyjnych wyzwań i zagrożeń współczesności*. Kraków, Wydawnictwo Akademii Górniczo-Hutniczej.

Mumford L (1967). *The myth of the machine*. New York,, Harcourt.

Nowak A (2013). Ontologia czy polityka wiedzy? Wyobraźnia socjologiczna a społeczne studia nad nauką. *Studia Metodologiczne*, 31.

Oreskes N, Conway EM (2010). *Merchants of doubt: how a handful of scientists obscured the truth on issues from tobacco smoke to global warming*. New York, Bloomsbury Press.

Pełka-Pelińska E (1973). *Pracownicy naukowi instytutów badawczych: studium socjologiczne ról zawodowych*. Warszawa, Łódź, Państwowe Wydawnictwa Naukowe.

Polanyi M (1958). Personal *Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy*. Chicago, University of Chicago Press.

Roosth HS (2010). *Crafting life: a sensory ethnography of fabricated biologies*. Massachusetts Institute of Technology. Program in Science, Technology and Society. Cambridge, MA, Massachusetts Institute of Technology. PhD: 326.

Sismondo S (2011). *An Introduction to Science and Technology Studies*, Wiley-Blackwell.

Vaughan D (1996). *The Challenger launch decision: risky technology, culture, and deviance at NASA*. Chicago, University of Chicago Press.

Vinck D (2003). *Everyday Engineering: An Ethnography of Design and Innovation*. Cambridge (MA), MIT Press.

Wagner I (2011). *Becoming Transnational Professional. Kariery i mobilność polskich elit naukowych*. Warszawa, Scholar.

Yearley S (2005). *Making Sense of Science: Understanding the Social Study of Science*. London, Thousand Oaks, New Delhi, SAGE Publications ltd.

Ziman J (1980). *Teaching and learning about science and society*, Cambridge University Press.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Connection of biology and ecology with mathematics

Ilona Horychová, Milada Švecová

Summary:

Natural sciences have achieved rapid growth of knowledge and come up to new approaches of studying organisms. One of the approaches is integrating the disciplines and their mutual permeability. The integrative disciplines, such as ecology, can be an example of such procedure.

Developing the connection between mathematics and ecology becomes possible with the help of mathematical models that are used to solve biological problems. Showing examples of interactive disciplines at school can encourage pupils' creativity and inspire them to look out for information not only in an individual field of study, but in other disciplines. Numeric data is convincing for pupils and helps them to put compelling and plausible arguments.

Key words: natural sciences, interdisciplinary subjects education, ecology, biology, mathematics)

otrzymano: 13.01.2014; przyjęto: 24.02.2014; opublikowano: 28.03.2014

mgr Ilona Horychová: secretary of the Geological Institutes Faculty of Science Charles University in Prague, lecturer in adult education, graduate in andragogy. Professional focus on life-long education, specializes in the general aspects of adult education, especially training of teachers.

prof. Milada Švecová: professor at the Faculty of Natural Sciences of the Charles University, Prague (Department of Anthropology and Human Genetics); chair of the Association of Teachers and Schools for Environmental Education (KEV).

Introduction

Interdisciplinary relations are a didactic modification of the relations that normally exist in nature as well as in the society, and are demonstrated in scientific disciplines. The teaching methods, that are usually used at school, seem to be a collection of isolated and static facts and very often lead to narrow knowledge without any connections between the disciplines. Effective interdisciplinary teaching, with the use of interdisciplinary relations, shows more clearness, dynamics and a comprehensive approach. A general tendency towards coordination and integration in teaching natural sciences at school is another notable characteristic. The application of interdisciplinary relations shows importance especially in the case of the distant disciplines when the relations and connections of these subjects can be shown (for example, between natural and social sciences). These relations are shown not only in the content and extend of the teaching, but also in the application of teaching methods, means of teaching and the evaluation of the results of the teaching. The aim of these relations is the interconnection of natural sciences, such as biology, chemistry and ecology, with mathematics and the main intention is to show the students the connection between the phenomena and processes taking place in nature.

No less important aim of interdisciplinary relations' application is to teach students to use the acquired knowledge in various contexts and relations. The creation of interdisciplinary relations leads to a long-term retention of knowledge and develops critical thinking among students.

Connections and relations can be deduced:

- from universal studies and understanding of phenomena, subjects and objects;
- from perfect knowledge and practical use of a scientific method, procedure or working technique (the ability to measure, experiment, analyse the results, etc.);
- from understanding the nature and way of using a theory when explaining various phenomena, without regard to the studied discipline;
- from applying and comparing knowledge and activities received from one or more subjects.

A principal didactic rule for effective application and observance of interdisciplinary relations is the creation of knowledge structures consisting of biological and other natural sciences terms and use of the structures everywhere where the terms appear in related natural sciences (in method, theory, law, piece of knowledge, working procedure, etc.) (Švecová et al., 2001; Švecová et al., 2001; Hodgson et al., 2005).

Theoretical starting points for the application of interdisciplinary relations

The name itself – interdisciplinary relations – reflects the informative, formative, growing as well as the practical value of mediated knowledge. It is becoming apparent that every piece of knowledge is valuable on condition that its understanding concerns as many connections and relations as possible, including the knowledge of a concrete scientific discipline in the form of a school subject. At the same time, connections with the other scientific disciplines, close to the field of the studied subject are created.

As a result, by interdisciplinary relations we can understand their recognition as well as the way of expressing these relations and connections, understanding the meanings of basic terms, theories, axioms, laws and regularities about facts, objects and systems or phenomena in nature as well as in the society. It means the

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

identification and the way of formulating the relations of natural and social character, transformed into corresponding school subjects in the teaching process.

Natural sciences have criteria that allow them to be used in the interdisciplinary relations because they study the same objects and systems, although from the different points of view.

The current need for the growing use of interdisciplinary relations arises from the gradual surpassing of the borders between individual scientific disciplines, which has obviously led to the creation of borderline disciplines (in connection with mathematics, biostatistics can be mentioned as an example). After the previous phase of differentiation of natural sciences, another phase is currently starting – their integration.

The concrete manifestation and realisation of interdisciplinary relations in teaching, particularly of the natural sciences, proves that the more details and particulars are known within one particular science, the more credible the generalisation can be. This observation is based on the systematic control of the actual thinking processes of students. When such conditions are created, with a minimum of facts, a maximum amount of information of theoretical as well as practical significance can be achieved. If a student has to explain or give reasons for a particular theoretical or practically evoked and problem-oriented situation, it is also necessary for them to apply knowledge from another school subject in order to come to the solution, especially from a related subject. Looking for the optimum solution of a problem is very closely related to the content of education as well as to the looking for possibilities of creating unity in it, not only at the level of its selection and organisation but also as the optimisation of its didactic structure.

In a broader context, the application of interdisciplinary relations in teaching can be seen as a matter of integration of knowledge. The need for this arises from the significant increase of knowledge of nature and society. This is the fact that creates new quality and, at the same time, increased requirements to the area of education in pedagogical theories as well as in teaching practice. It leads to an integrated knowledge about nature.

The application of interdisciplinary relations and the subsequent process of integration are certain prevention against encyclopedism and the overtaxation of students by an excessive amount of factual information; it contributes to the deeper understanding of the structure's nature of the studied objects. Moreover, it leads to the explanation of the value of the studied objects.

On the one hand, in the situation when students need to give reasons, to deduce, to compare or to make a generalisation, it is impossible for them to do it by just reproducing what they have been taught. On the other hand, remembering certain facts, such as a definition or a law is the first and very important condition for the application of interdisciplinary relations, and it requires from the student the development of more complex thinking processes (abstraction, generalisation, analysis, synthesis, etc.).

The matter of interdisciplinary relations has led to the creation of integrated disciplines. The following examples can be given: getting to know nature, Man and nature, Man and society.

Model examples of interdisciplinary relations between mathematics and ecology

Mathematics, as the gate and the key to the sciences, has a very specific position and due to the creation of borderline disciplines, which have an interdisciplinary character, its importance becomes even greater. As an example of such a borderline discipline, we can mention ecology (a biological scientific discipline) and environmental sciences (a comprehensive science about the environment). Mathematical approaches can also be used in simple statistical methods, for example, as a tool for analysing school experiments. A graphical presentation of new data is one of the skills that are required from pupils in the lessons of mathematics. Mathematics also plays an important role when solving calculation problems, for example, population change statistics.

Mathematicians derive mathematical models that govern what we observe, and then compare the results predicted by their models with the actual measurements. The agreement is often remarkably good but that does not mean that the nature necessarily has to follow the model. A simple reason for this is that an event can be modelled in several ways. Moreover, each model is always based on simplified assumptions. On the other hand, mathematical models help us to gain better insight into the behaviour of modelled systems. It is important to warn students not to regard the models as being strict or exact description of the reality. Our goal in this section is to inspire students to develop and apply modelling skills. In particular, a familiar mathematical model will be used in a variety of disciplines and in this way we illustrate how mathematics can be used (Agnew, 1983; Davis et al., 1994; Purmová, 1999).

Resolved Tasks

While differential equations are widely used in this context, here we have chosen models based on the difference equations since the secondary school students can solve them geometrically, with the help of a calculator or computer. Let us start with the first simple problem.

1. Evaporation. A mothball is in the shape of a sphere and starts with the radius *1/2 inch*. The material in the mothball evaporates. After *6 months* the radius is *1/4 inch*. How the radius of the ball changes with time?

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

In the first place, we try to analyze the task by making a physical assumption. Only molecules on the surface can leave the mothball. A layer of molecules leaves the ball in a short time *t*; two layers – in time *2t*. Thus, during one month the radius of the ball decreases by *k* units. Let us introduce *t*, the time measured in months, and R_t, the radius of the mothball at the time *t*. A layer of molecules leaves the ball in a short time *t*; two layers – in time *2t*. Therefore, we derive the equation:

$$R_{t+1} = R_t - k$$

The model can be solved for R_t. Starting with the time *t* and using bach substitution, we derive the equation:

$$R_t = R_{t-1} - k = (R_{t-2} - k) - k = \ldots = R_0 - kt$$

that is

$$R_t = R_0 - kt$$

The ball starts with the radius *1/2 inch* (R = 1/2) at time $t = 0$: $R_0 = 1/2$; $R_6 = 1/4 = 1/2 - 6k$. Therefore $k = 1/24$; consequently, we derive $R_t = 1/2 - (1/24)t$ to complete the problem. Students can sketch the graph of the solution and discuss how the radius changes with the passing of time. Here questions whether $R_{24} = -1/2$ or not and whether $R_{-12} = 1$ or not should arise.

The next problem is similar to the previous one and requires some physical assumption as well.

2. Absorption of Light. A slab of a glass *1 inch* thick absorbs one-quarter of the light which passes through it. How thin must a pane be made to absorb only *1%* of the light?

Let *n* be an index representing the thicknesses of panes of glass in inches, and let X_n denote the fractional part of the light that passes through a pane of thickness *n*. Then obviously X_n is a decreasing sequence. A pane of thickness *0* means that there is not any pane and any absorption of light, consequently, we derive $X_0 = 1$. According to the task, $X_1 = 3/4$. We need to find *n* such that $X_n = 99/100$. The method used in the problem of evaporation leads to the solution of this problem:

$$X_n = 1 - (1/4)n$$

The model is nonsense for $n > 4$. One of the reasons for that are our considerations that were not precise enough. We suppose that a pane of thickness *1 unit* absorbs *k* percent of the light which passes through it. By adding another pane of thickness *1 unit* we obtain the pane of thickness *2 units*. It is not true that the pane composed of two layers absorbs *2k* percent of entering light, when the thickness of each of the layers is *1 unit*. In fact, the first pane absorbs *k* percent of light entering the pane and the second absorbs only *k* percent of light entering the second layer of the pane. This observation brings us to the equation:

$$X_{n+1} = X_n - X_n k$$

Applying the same process as in the first task we complete the problem:

$$X_n = X_0(1-k)^n$$

Since $X_0 = 1$ and $X_1 = 3/4$ we derive $k = 1/4$. Calculating from the equation $99/100 = (3/4)^n$ gives $n \approx 0.035$ *inch*. Students can compare their results with the answer which they work out from the formula $x(n) = x(0)\, e^{-kn}$. This formula is a solution of the equivalent differential equation. The high school students should be able to formulate the continuous model of the problem and solve a simple differential equation which they create. Apparently, it is interesting to discuss the differences between the continuous and discrete models.

Third problem refers to microbiology (ecology). In this subsection we show how a statistical method can be used in mathematical modelling.

3. Growth of Bacterial Culture. A jar containing growth media was inoculated with bacterial culture, the bacterial growth is controlled every hour through cell density. After one hour, there are $1.9x10^8$ *cells/ml*, after the second hour $3.6x10^8$, and consequently $6.9x10^8$, $1.3x10^9$, $2.5x10^9$, $4.7x10^9$, $8.5x10^9$, $1.4x10^{10}$. We propose to create a mathematical model to explain these data.

Let B_n denote the cell quantity observed at the nth sampling time: B_0 is the initial cell concentration, $B_1 = 1.9x10^8$, etc. We expect that during the log phase, which is characterized by cell doubling, growth of the population continues at a constant rate so that the number of cells increases doubles with each following time period. Thus, we create the equation:

$$B_{n+1} = rB_n$$

The constant *r* is called the *growth rate*. If the cells divide every hour and we take samples every hour, then we should observe that $r = 2$. Now, we determine *r* from the observations. As it has already been mentioned, it is sufficient to know two values of measurements. According to the task, we take eight measurements, and we do not know which two we should choose. One of the approaches is using a statistical method called the *method of least-squares estimation* in order to estimate *r* from the data. The derivation and workings of this method are described in the Hoppensteadt's book. We solve the difference equation for B_n. Substituting backwards the equation we derive:

$$B_n = r^n B_0$$

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

This formula shows that the population grows geometrically. As far as the method of least squares is concerned, we need a linear relation between B_n and n. Taking natural logarithms of both sides, we have:

$$\log B_n = n \log r + \log B_0$$

Teachers should give students insight into the difficulty of the least-squares method and instructions how to ease the work by using a calculator or computer. In this case, numbers $\log r$ and $\log B_0$ are estimated. After certain calculations we have: $\log r = 0.642$, that is $r = 1.9$. As a result, we derive the equation:

$$B_{n+1} = 1.9^n B_n$$

Students can solve the equation by starting with B_1 and marching forward, thereby predicting the population dynamics during *8 hours*. It is reasonable to arrange the results and actually observed values in a table and compare them. One way of comparing the values is to compute percent errors.

$$\% \text{ error} = 100 \text{ (observed} - \text{predicted) / predicted}$$

Finally, this model gives remarkably good predictions of Sweden's population numbers for nearly a century. On the other hand, the estimation in the distant future gives unreasonable results. The model seems to be acceptable only during the log phase of growth, but it has to become invalid as the population reaches the stationary phase. The age structure of the population can be the reason for this phenomenon.

The following example introduces the basic idea of age structure in a simple way. This factor plays an important role in demographics.

4. Fibonacci's Rabbit Population. Fibonacci proposed a model for population growth based on an imaginary rabbit population. Starting with one pair of rabbits (one female and one male) that matures to reproductive age, say, *N*-days-old. At that time they give birth to a new pair, one female and one male. The original pair will survive to the next reproductive time (*N* days later) and again produce a pair. Each pair of rabbits will reproduce twice, at intervals separated by N days, and at each reproduction each new pair will go on in a similar fashion. All reproduction is synchronized. We will create a model of Fibonacci's population.

Let R_n be the number of pairs born during the nth reproduction time. Then the first pair appears at $n = 0$ and bears one pair at $n = 1$, so that $R_0 = 1$, $R_1 = 1$ and for all later times:

$$R_n = R_{n-1} + R_{n-2} \text{ for } n = 2, 3, 4, \ldots$$

The fact that each pair reproduces twice (after *N* and *2N* days) is reflected in the two-step difference equation for the sequence of numbers Rn where the number of births now depends on both the population sizes *N* and *2N* days ago.

It is possible to find an appropriate solution for this problem. The experience with the growth of a bacterial culture suggests that we should look for the term R_n as a power of an unknown constant *r*. Thus, suppose $R_n = r^n$. Substituting this into the equation, we see that *r* must satisfy the equation:

$$r^2 - r - 1 = 0$$

which has two solutions

$$r_{1,2} = (1 \pm \sqrt{5}) / 2.$$

It follows that the terms in the sequence are given by the formula:

$$R_n = A\, r_1^n + B\, r_2^n \text{ where } A = (1 + \sqrt{5}) / 2\sqrt{5},\ B = (1 - \sqrt{5}) / 2\sqrt{5}$$

The constants *A* and *B* are determined from the first two terms of the sequence. A surprising result of this formula is that, although complicated, this expression for Rn always gives an integer. Even though Fibonacci's model is artificial, it nicely illustrates important methods used to study more realistic age-structured problems.

The idea of the fifth problem can be used for the dating of paintings and other materials such as rocks and fossils, and can uncover some fakes. In 1967, it helped to prove that Disciples at Emmaus, which was thought to be a painting by the famed 17th century Dutch painter Jan Vermeer, was forged by Van Meegeren. You can find a detailed description of the discovery in the Braun's book. To prove that Disciples at Emmaus is a modern forgery and not a 17th century painting, the numbers of disintegration of the radioactive elements lead-210 and radium-226 were evaluated. For simplicity we will consider radioactive decay of radium.

5. Radioactive Decay. At the end of the 19th century it was shown that the atoms of certain radioactive elements are unstable and that within a given time period a fixed number of atoms spontaneously disintegrates and atoms of new elements are created. Let *n* denote time measured in years and let X_n be the weight of radium in grams in a given portion of matter at the time *n*. Supposing that alpha particles are radiated from the matter containing radium and the amount of radium decreases with time passing. Let X_0 represent the weight of the radium at the time $n = 0$. It is necessary to know how X_n depends on *n*.

It is reasonable to repeat the physical assumption that has been mentioned in the Light Absorption Problem. According to the assumption, the quantity of radium in a given portion of matter decreases by *k* percent

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

within a year. This statement is expressed in mathematical terms below:

$$X_{n+1} = X_n - X_n k$$

The constant k is known as the decay constant, and its value has been computed from results of different observations. Its value turns out to be approximately $4.3x10^{-4}$ / year. Setting $k = 4.3x10^{-4}$ and solving gives

$$X_n = X_0 (1 - 4.3x10^{-4})^n$$

It is closely connected with the half-life of radium which is defined as the amount of time required for the amount of radium in a portion of matter to decrease its value for a half. Students can calculate the half-life of radium and compare it with the table value 1602 years. In a book of Davis there is a description of how to date a fossil in terms of measuring the amount of radioactive isotope carbon-14 and not radioactive carbon which is present in the fossil.

The sixth problem is really helpful and practical, while it can give instructions how to control money.

6. Bank Investment. First, let us introduce two basic definitions. Simple interest is the amount of interest paid only on the original amount of money (principal) that you invested, and not on interest that has already been accumulated. Further, compound interest is interest that is paid both on the principal saved and on the interest that has been added to it. On the basis of the above information we can write the formula for simple and compound interest.

Let P_n denote the amount of money (balance) in the untouched account gained after passing n years and let P_0 be the principal. Supposing P_0 dollars earn interest at an annual rate k. After n years the total amount of principal and simple interest, which is proportional to the principal and to number of passed years, will be:

$$P_n = P_0 + k P_0 n$$

and the total amount composed of principal and compound interest will be

$$P_n = P_{n-1} + k P_{n-1}$$

that is

$$P_n = P_0 (1 + k)^n$$

If the money is loaned at an annual rate k compounded monthly, then the total amount of principal and compounded interest is $P_0 (1 + k/12)$ at the end of the first month, and at the end of nth year is:

$$P_n = P_0 (1 + k/12)^{12n}$$

In general, when banks announce an interest rate of k per year compounded m times a year, then you calculate the balance (the total amount of the principal and compound interest) in your account n years after the initial deposit P_0 by using the formula

$$P_n = P_0 (1 + k/m)^{mn}$$

Assuming simple interest. Is there any difference between the interest at the rate compounded monthly and annually? Let $k = 0.04$ and $m = 12$. How much money do you need to put into an account today in order to achieve your goal in a specified time? What is more beneficial: to deposit money at a bank that pays simple interest or at a bank that pays compound interest, if an annual interest rate k is compounded monthly? Give a graphical explanation. Notice what happens if you deposit the money for less than *12 months*.

Conclusions

To sum it up, the geometrical progression can be used to model a lot of other problems. As we have seen on the example of bacterial growth, this model is not always perfect. It seems that more difficult model agrees more precisely with the behavior of systems. For instance the difference equation

$$C_{n+1} = (2 / (1 + (C_n/K))) C_n$$

where K is called the saturation constant, describes a strain of bacteria that are histidine auxotrophs. When such bacteria are cultured in growth media containing sufficient histidine, they and divide every 40 minutes. When the population of the cells becomes large, competition for the limited amount of histidine follows, and the bacteria get an inadequate supply to sustain division every 40 minutes. However, the growth rate is no longer a constant. Please notice that the population growth rate $(2 / (1 + (C_n / K)))$ decreases with the increase of the cell population while we suppose $Cn < K$. Unfortunately, better agreement with the nature is the price for that this model is not as easy to solve as the earlier ones were.

Finally, all the problems mentioned here can be solved by means of differential equations. It could be an interesting topic for another activities referred to the high school students. From the point of view of mathematical modelling it is remarkable that a relatively simple difference equation can have solutions that have to be described using the theory of probability.

References:

Agnew RP (1960). *Differential Equations*. McGraw-Hill, New York.
Braun M (1983). *Differential Equations and Their Applications*. Springer-Verlag, New York.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Davis B, Porta H, Uhl J (1994). *Calculus & Mathematica (Derivatives: Measuring Growth).* Addison-Wesley Publishing Company, New York.

Hoppensteadt FC, Peskin CS (1992). *Mathematics in Medicine and the Life Sciences*, Springer Verlag, New York.

Purmová L (1999). *Differential equations in Biology and Chemistry* (Thesis in Czech). Charles University, Faculty of Mathematics and Physics, Prague.

Švecová M, Pavelková J, Ziegler V, Matějka D (2001). New Trends in Metodology Training for Teachers of Biology and Geology at the Charles University. In: Valanides N, ed. *Science and Technology Education : Preparing Future Citizens* (Proceedings of the 1 st IOSTE Symposium in Southern Europe). Cyprus. 142-149

Švecová M, Dostál P, Čipera J (2001). Reforming Natural Science Training in Response to the Current Dynamic Development of Biological Dicsiplines. *Matthias Belivs University Proceedings. Faculty of Natural Sciences, Banská Bystrica*, 1(1):33-39.

Hodgson T, Keck R, Patterson R, Maki D (2005). Mathematics in the Biology Classroom. *Journal of College Science Teaching*, 34:46-50.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Świadomość i postawy prośrodowiskowe rolników realizujących zobowiązania rolnośrodowiskowe

Adam Kowalak

Streszczenie:

Zagadnienie edukacji ekologicznej dorosłych mieszkańców wsi można rozpatrywać zarówno z punktu widzenia teoretycznego tj. andragogiki rolniczej jako teorii kształcenia i wychowania osób zajmujących się rolnictwem, andragogiki ekologicznej zajmującej się opracowaniem koncepcji i metod umożliwiających zmianę świadomości i kształtowanie postaw pro-środowiskowych, jak i praktycznego – praktyki edukacyjnej. W artykule przedstawiono wyniki badań empirycznych, których celem była diagnoza stanu świadomości ekologicznej rolników realizujących programy rolnośrodowiskowe. Przedstawiono także działalność edukacyjną wybranych ośrodków doradztwa rolniczego, jako przykład edukacji dorosłych mieszkańców wsi. Podjęto próbę oceny tej działalności w zakresie kształtowania postaw proekologicznych rolników. Uzyskane wyniki będą wykorzystane do określenia potrzeb edukacyjnych społeczności lokalnych zajmujących się rolnictwem. Wyniki badań wskazują m.in. na niski stan świadomości ekologicznej badanych rolników. Fundament kształtowania postaw ludzi dorosłych wobec środowiska stawowi edukacja szkolna. Braki w tej edukacji nie sprzyjają kształtowaniu u dorosłych przyzwyczajeń i nawyków korzystnych dla środowiska przyrodniczego. Ośrodki doradztwa rolniczego (ODR) prowadząc ożywioną działalność edukacyjną realizują głównie cele doskonalenia zawodowego. Nauczanie o środowisku przyrodniczym nie staje się celem, lecz raczej środkiem do realizacji celu ekonomicznego. Brak współpracy ODR ze szkołami wiejskimi utrudnia realizację koncepcji kształcenia przez całe życie.

Słowa kluczowe: rozwój zrównoważony, obszary wiejskie, programy rolnośrodowiskowe, edukacja

otrzymano: 13.01.2014; przyjęto: 24.02.2014; opublikowano: 28.03.2014

Wprowadzenie

Zainteresowanie edukacją ekologiczną dorosłych, korzystających z różnych form oświaty pozaszkolnej, nastąpiło z dużym opóźnieniem w stosunku do programów szkolnych. Na forum międzynarodowym tematyka zrównoważonego rozwoju zaistniała po raz pierwszy dopiero na V Konferencji Oświaty Dorosłych UNESCO, która odbyła się w 1996 roku w Hamburgu. Wśród problemów omawianych na tej konferencji znalazły się m.in. „edukacja dorosłych a ochrona środowiska, troska o zdrowie, ekologia, edukacja zdrowotna" (UNESCO, 1999). W dokumentach konferencji równowaga rozwoju postrzegana była jednak głównie na dwóch płaszczyznach – społecznej i ekonomicznej. Zawarto tam kontrowersyjne z ekologicznego punktu widzenia stwierdzenie: „(…) tylko rozwój w kierunku stawiania człowieka w centrum i aktywne społeczeństwo oparte na całkowitym respektowaniu praw człowieka prowadzi do ciągłego i zrównoważonego rozwoju". Nasuwa się pytanie: czy o zrównoważonym rozwoju można mówić pomijając aspekt przyrodniczy egzystencji ludzkiej? Problemy środowiskowe były jedną z głównych myśli przewodnich kolejnej VI Międzynarodowej Konferencji Oświaty Dorosłych UNESCO (CONFINTEA VI), która odbyła się w dniach 1–4 grudnia 2009 roku w Belem (w Brazylii), obradującej pod hasłem „Żyć i uczyć się dla zrównoważonej przyszłości". Podkreślano na niej wagę udziału dorosłych w różnych formach edukacji dla zrównoważonego rozwoju (Frąckowiak i Półturzycki, 2010). Niepokojący jest fakt, że i na tej konferencji równowaga rozwoju postrzegana była głównie na płaszczyźnie społecznej i gospodarczej. Wymiar ekologiczny – powiązania człowieka ze środowiskiem przyrodniczym – chociaż był obecny, pozostawał jakby na drugim planie (UNESCO, 2000).

dr inż. Adam Kowalak: Instytut Geografii i Studiów Regionalnych Akademii Pomorskiej w Słupsku

Do początku lat 90. XX wieku edukację dorosłych traktowano jako dziedzinę funkcjonującą w oderwaniu od edukacji szkolnej. Zmianę w podejściu do tego zagadnienia zapoczątkowała publikacja raportu Międzynarodowej Komisji ds. Edukacji XXI wieku obradującej pod przewodnictwem J. Delorsa, opracowanego dla UNESCO w 1996 roku (Delors, 1996). W dokumencie tym podkreślono rolę edukacji ustawicznej obejmującej całe życie w kształtowaniu wiedzy i umiejętności człowieka oraz jego zdolności do oceny sytuacji i podejmowania działań.

Edukacja dorosłych mieszkańców wsi w Polsce po drugiej wojnie światowej (lata 1947–1956) stawiała sobie za cel głównie walkę z analfabetyzmem oraz kolektywizację rolnictwa (miała charakter polityczno-propagandowy). W późniejszym okresie, do lat 80. XX wieku, położono nacisk na doskonalenie zawodowe rolników (Maziarz, 1984). Problemy ochrony ekosystemów żywicielskich pojawiły się w programach edukacji dorosłych (ofertach edukacyjnych dla rolników) dopiero pod koniec lat 80. XX wieku.

Ochrona środowiska w rolnictwie

Związek rolnictwa z ochroną środowiska wydaje się oczywisty. Na forum światowym został on oficjalnie wyartykułowany już w Raporcie Sekretarza Generalnego ONZ U-Thanta w 1969 roku. W dokumencie tym zawarto jednak głównie informacje na temat negatywnego wpływu rolnictwa na środowisko. Pojęcie rolnictwa

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

zrównoważonego pojawiło się w dokumentach międzynarodowych dopiero w okresie bezpośrednio poprzedzającym konferencję ONZ w Rio de Janeiro w 1992 roku, zwaną „Szczytem Ziemi".

W roku 1991 na konferencji zorganizowanej przez Światową Organizację ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) i rząd holenderski w Den Bosch wypracowano deklarację oraz program działania na rzecz rolnictwa zrównoważonego i rozwoju obszarów wiejskich SARD (*Sustainable Agriculture and Rural Development*). Program SARD postulował utrzymanie i gospodarowanie zasobami naturalnymi oraz ukierunkowanie przemian technologicznych w taki sposób, aby zapewnić osiąganie i trwałe zaspokajanie potrzeb współczesnych i przyszłych pokoleń. Koncepcja SARD została włączona do programu Konferencji w Rio de Janeiro (Sołtysiak, 1993). Zasady jej realizacji zostały zawarte w rozdziale 14 Agendy 21 (MRRW, 2009). W dokumencie tym po raz pierwszy na światowym forum wskazywano na rolę pozaprodukcyjnych funkcji rolnictwa i obszarów wiejskich, takich jak ochrona środowiska przyrodniczego krajobrazu, tradycji lokalnych oraz kultury materialnej i duchowej. Zwrócono w nim również uwagę na pilną konieczność podejmowania nowych inicjatyw w dziedzinie edukacji (Kozłowski, 1993). Współczesna koncepcja europejskiego modelu rolnictwa została zdefiniowana w pakiecie reform Agenda 2000 z 1999 roku. Opiera się ona na założeniu, że sektor rolny, poza produkcją rolniczą, wytwarza inne korzyści, miejsca pracy i usługi, które gwarantują wzrost dochodowości społeczności wiejskich, kształtują obszary wiejskie i pozwalają zachować walory przyrodnicze. Wraz z wejściem w życie Agendy 2000 wyzwaniem dla Unii Europejskiej stało się przeobrażenie Wspólnej Polityki Rolnej w kierunku wspierania wielofunkcyjnego rozwoju gospodarki wiejskiej, ochrony środowiska przy równoczesnej liberalizacji instrumentów rynkowych. Obowiązująca obecnie Wspólna Polityka Rolna na lata 2007–2013 „Agenda 2007" stanowi kontynuację wcześniejszych reform. W Agendzie 2007 uznaje się realizację zasad zrównoważonego rozwoju jako warunku koniecznego do osiągnięcia celów dotyczących wzrostu gospodarczego w rolnictwie. W dokumencie tym zapisano, że – poza podstawową funkcją, jaką jest produkcja artykułów rolnych – obszary wiejskie pełnią ważną rolę w zakresie ochrony środowiska, w tym zasobów wodnych i gleb, kształtowania krajobrazu, ochrony i zachowania siedlisk oraz różnorodności biologicznej. Dziś na ogół większość polityków i ekspertów gospodarczych nie neguje, że zrównoważony rozwój sektora rolniczego, leśnego i rybackiego chroni zasoby ziemi, wód, zasoby genetyczne roślin i zwierząt, nie degraduje środowiska, jest właściwy pod względem technicznym, rentowny, odpowiedni społecznie. Nadal jednak liczne koncepcje i programy „sustainable agriculture" pozostają deklaracjami celów – wiadomo, co należy osiągnąć, jednak brak jest skutecznych działań umożliwiających realizację tych zamierzeń. Często hasła zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich stanowią parawan, za którym realizuje się całkiem inne, często zaprzeczające tej idei cele.

Podstawowym instrumentem ochrony ekosystemów żywicielskich o szczególnych walorach przyrodniczych zapisanym w Wspólnej Polityce Rolnej UE na lata 2007–2013 (podobnie jak w Agendzie 2000) są programy rolnośrodowiskowe. Jest to instrument finansowy umożliwiający rolnikowi uzyskanie dodatkowego dochodu z tytułu podjęcia działań w zakresie ochrony szczególnie cennych ekosystemów żywicielskich. Motywacją do opracowania i wdrożenia programów rolnośrodowiskowych była dojrzewająca wśród polityków unijnych świadomość konieczności przeciwdziałania negatywnym zmianom, jakie wystąpiły na obszarach wiejskich wysokorozwiniętych krajów Unii na skutek nieprzemyślanej intensyfikacji rolnictwa. W ramach Programu Rozwoju Obszarów wiejskich na lata 2007–2013 rolnicy mogli ubiegać się o przyznanie płatności rolnośrodowiskowej z tytułu realizacji jednego z 9 pakietów:

- rolnictwo zrównoważone,
- rolnictwo ekologiczne,
- ekstensywne trwałe użytki zielone,
- ochrona zagrożonych gatunków ptaków i siedlisk przyrodniczych poza obszarami NATURA 2000,
- ochrona zagrożonych gatunków ptaków i siedlisk przyrodniczych na obszarach NATURA 2000,
- zachowanie zagrożonych zasobów genetycznych roślin w rolnictwie,
- ochrona gleb i wód,
- strefy buforowe.

Poszczególne pakiety zostały podzielone na warianty. Programy rolnośrodowiskowe pozwalają na otrzymanie wsparcia finansowego przez rolników, którzy dobrowolnie zobowiążą się do realizacji następujących celów:

- rozwój rolnictwa przyjaznego dla środowiska, dywersyfikacja produkcji rolniczej, wykorzystanie lokalnych odmian i ras w celu ochrony zasobów genetycznych w rolnictwie;
- rozwój rolnictwa ekologicznego lub integrowanych metod gospodarowania, które są korzystne dla środowiska i zachowania różnorodności biologicznej;
- kontynuacja ekstensywnych metod produkcji, zwłaszcza ekstensywnego chowu zwierząt z utrzymaniem wypasów na użytkach zielonych;
- aktywna ochrona siedlisk i gatunków chronionych związanych z obszarami rolnymi w szczególności tymi, które są położone na obszarach Natura 2000 lub z nimi sąsiadują;
- przeciwdziałanie negatywnym skutkom gospodarki rolnej w odniesieniu do wód, gleby i powietrza wynikających z zasad Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej i zasady wzajemnej zgodności (*cross-compliance*);

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

- upowszechnienie długofalowego planowania działań na rzecz ochrony środowiska i różnorodności biologicznej w gospodarstwach rolnych.

Rekompensaty finansowe mogą uzyskać jedynie ci rolnicy, którzy zdecydują się realizować zobowiązania rolnośrodowiskowe przez okres 5 lat. Działania przewidziane w ramach programu muszą wykraczać poza ramy określone w Kodeksie Dobrej Praktyki Rolniczej i w znaczący sposób przyczyniać się do poprawy stanu środowiska przyrodniczego oraz zachowania zasobów kulturowych obszarów wiejskich.

Intensywne wykorzystywanie zasobów naturalnych, jakie ma miejsce w wielu krajach europejskich, nie dotyczy w takim stopniu Polski. Nasz model rolnictwa łączy umiarkowany wzrost kapitałochłonności produkcji z relatywnie wysoką pracochłonnością. Różnorodność biologiczna w Polsce należy do jednej z najlepiej zachowanych w Europie. Decydują o tym zarówno warunki naturalne, jak i odmienny charakter oddziaływań antropogenicznych (m.in. tradycyjne rolnictwo zachowane na znacznych obszarach oraz rozległe i trwałe historycznie lasy). Polska odznacza się dużym zróżnicowaniem siedlisk, które w wielu regionach kraju tworzą krajobrazy o mozaikowej strukturze przyrodniczej. Czy podejmowane są wystarczające działania mające na celu ochroną tego bogactwa?

Edukacja ekologiczna mieszkańców wsi

Jak zapisano w Programie Rozwoju Edukacji na Obszarach Wiejskich MEN na lata 2008–2013: „Polska wieś to unikalne w skali Europy dziedzictwo kulturowo-przyrodnicze. Dbałość o te wartości daje szanse zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich. Dobry stan polskiej przyrody i dobra jakość gleb stwarzają możliwość rozwoju rolnictwa ekologicznego oraz agro- i ekoturystyki". W dokumencie tym wskazuje się na konieczność dobrego przygotowania młodych ludzi w zakresie oceny i wyceny zasobów przyrodniczo-kulturowych terenów niezurbanizowanych" (MEN, 2008). Problemem jest, czy szkoły, przy obowiązującej podstawie programowej, są w stanie zrealizować ten postulat.

Zastanawia fakt, że cytowany program opracowany został przez MEN bez widocznego udziału Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Ministerstwo to bowiem, pomimo przekazania większości szkół rolniczych samorządom, powinno czuć się odpowiedzialne za kształcenie zawodowe następców obecnych właścicieli gospodarstw rolnych (producentów).

Dalekie od optymizmu pozostają wnioski z analizy wchodzącej w życie podstawy programowej kształcenia w zawodach (MEN, 2012). Symptomatyczne jest, że w części pierwszej podstawy zatytułowanej: „Efekty kształcenia wspólne dla wszystkich zawodów" odniesienia do ochrony środowiska zawarto wyłącznie w dziale BHP[1]. Zakładane rezultaty kształcenia obejmują głównie wiadomości i umiejętności – uczeń:

- „rozróżnia zadania i uprawnienia instytucji oraz służb działających w zakresie ochrony pracy i ochrony środowiska w Polsce;
- przewiduje zagrożenia dla zdrowia i życia człowieka oraz mienia i środowiska związane z wykonywaniem zadań zawodowych;
- organizuje stanowisko pracy zgodnie z obowiązującymi wymaganiami ergonomii przepisami bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej i ochrony środowiska".

Kształtowaniu postaw można przyporządkować jedynie ostatni punkt w tym dziale – uczeń „przestrzega zasady bezpieczeństwa i higieny pracy oraz stosuje przepisy prawa dotyczące ochrony przeciwpożarowej i ochrony środowiska".

Przyporządkowanie zagadnień ochrony środowiska kwestiom BHP jest zastanawiające, ponieważ w dotychczas wydawanych podręcznikach z tej dziedziny mówi się głównie o tym, jak bezpiecznie korzystać ze środowiska, a nie jak je chronić (Kowalak i Tuszyńska, 2003).

Zawody uporządkowano według typów szkół: zasadnicze szkoły zawodowe, technika, szkoły policealne. Zapisane w części drugiej dokumentu efekty kształcenia, wspólne dla poszczególnych obszarów kształcenia, dalekie są od założeń holistycznego modelu edukacji – brakuje wzajemnych powiązań nawet w obrębie jednego obszaru.

W efektach kształcenia przeważającej większości zawodów wyszczególnionych w podstawie programowej brakuje nawiązania do kształcenia przez całe życie, np. w formie wymogu: posiada świadomość konieczności stałego aktualizowania i uzupełniania swojej wiedzy. Brakuje również wskazania instytucji czy organizacji mogącej pomóc w ciągłym aktualizowaniu wiedzy. Wyjątek stanowi tu zapis określający wymagania dla zawodu technik rolnik i technik ogrodnik – uczeń: „korzysta z usług instytucji i organizacji działających na rzecz wsi i rolnictwa". Można więc uznać, że absolwenci szkół rolniczych będą znali instytucje, które mogą im pomóc w dokształcaniu. Nie określono jednak korelacji działań edukacyjnych pomiędzy szkołami rolniczymi (edukacja młodzieży) a doradztwem rolniczym (edukacja dorosłych), za które odpowiada resort rolnictwa. Trudno więc mówić o istnieniu programu kształcenia przez całe życie na obszarach wiejskich.

Stan edukacji dorosłych na terenach wiejskich budzi poważne zastrzeżenia. Z diagnozy przedstawionej w Programie Rozwoju Edukacji na Obszarach Wiejskich wynika, że niski poziom kształcenia ustawicznego mieszkańców wsi dotyczy osób w przedziale wiekowym 25–64 lata. W 2006 roku tylko 0,61% osób kształcących się w systemie ustawicznym zamieszkiwało obsza-

1 BHP – bezpieczeństwo i higiena pracy.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

ry wiejskie. Poważne braki można stwierdzić również w zakresie edukacji ekologicznej ludzi dorosłych.

W Polsce, podobnie jak w pozostałych krajach UE, ważną rolę w ochronie ekosystemów żywicielskich pełnią programy rolnośrodowiskowe. Funkcjonowanie tego instrumentu finansowego polega na wypłacaniu rekompensaty za określone działania służące ochronie ekosystemów żywicielskich. Nasuwa się pytanie: czy to wystarczy do zapewnienia trwałości i skuteczności działań ochronnych? Czy nakłady finansowe w postaci płatności rolnośrodowiskowych nie powinny iść w parze z działaniami edukacyjnymi mającymi na celu kształtowanie postaw pro-środowiskowych? Analiza Wspólnej Polityki Rolnej Unii Europejskiej (WPR) i polskiego Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007–2013 wskazuje, że twórcy tych dokumentów nie wzięli pod uwagę faktu, że postawy – rozumianej jako względnie trwałą dyspozycję przejawiającą się w zachowaniach, których cechą jest stosunek emocjonalny do jakiegoś przedmiotu, osób, sytuacji czy też środowiska przyrodniczego – nie da się „kupić", trzeba ją kształtować w procesie wychowania i edukacji (Kowalak, 2012). Zapłacić można tylko za doraźne działanie, wykonanie określonego zadania. Wypłacanie rekompensaty finansowej za realizację zobowiązań nie gwarantuje trwałości wzorców zachowania. Jedynie działania mające na celu wzrost świadomości i kultury ekologicznej rolników mogą zagwarantować kontynuację ochrony ekosystemów żywicielskich, nawet po zaprzestaniu jej finansowania z funduszy unijnych. Fundamentem tych działań powinna być szkoła. Edukacja szkolna stanowić powinna punkt wyjścia do kształcenia przez całe życie.

Podnoszenie kwalifikacji w zakresie ochrony ekosystemów żywicielskich osób zamieszkujących obszary wiejskie jest kluczowym elementem warunkującym zrównoważony rozwój tych obszarów. W tym celu konieczne jest ścisłe powiązanie edukacji na wszystkich etapach kształcenia. Wiąże się to z koniecznością podjęcia skutecznych działań na rzecz kształcenia ustawicznego osób dorosłych.

Cel i metody badań

W latach 2010–2011 prowadzone były badania, których celem była diagnoza stanu świadomości ekologicznej rolników realizujących programy rolnośrodowiskowe. Diagnoza ta posłużyła do oceny roli Wspólnej Polityki Rolnej UE, Planu Rozwoju obszarów Wiejskich na lata 2004–2006 i Programu Rozwoju Obszarów wiejskich na lata 2007–2013 w kształtowaniu postaw proekologicznych rolników. Wyniki badań zostaną wykorzystane do określenia potrzeb edukacyjnych społeczności lokalnych w zakresie edukacji dla zrównoważonego rozwoju.

Problemy badawcze:

1. Jaka jest świadomość ekologiczna rolników realizujących programy rolnośrodowiskowe?
2. Jaka jest motywacja podejmowania przez rolników zobowiązań rolnośrodowiskowych?
3. Jak uczestnictwo w programach rolnośrodowiskowych wpływa na postawy i zachowania rolników wobec przyrody?
4. Czy istnieją ścisłe powiązania edukacji szkolnej z edukacją rolników (prowadzoną przez ośrodki doradztwa rolniczego) tworzące system edukacji przez całe życie?

Problemom tym odpowiadają następujące hipotezy badawcze:

1. Świadomość ekologiczna rolników realizujących programy rolnośrodowiskowe jest niska.
2. Główną motywacją do podejmowania zobowiązań rolnośrodowiskowych jest uzyskanie podwyższonych dopłat.
3. Uczestnictwo w programach rolnośrodowiskowych w niewielkim stopniu wpływa na ukształtowanie postaw przyjaznych środowisku.
4. Programy rolnośrodowiskowe wymuszają pewne działania chroniące środowisko.
5. Brakuje powiązań edukacji szkolnej z programami kształcenia dorosłych rolników w jeden system kształcenia przez całe życie.

Badaniami objęto 400 rolników w pięciu województwach. Po wyeliminowaniu błędnie wypełnionych ankiet do analizy zakwalifikowano 378 gospodarstw (207 z woj. pomorskiego, 33 z kujawsko-pomorskiego, 30 z łódzkiego, 33 ze śląskiego, 75 z podkarpackiego). Ponadto przeanalizowano programy szkoleń organizowanych przez ośrodki doradztwa rolniczego w badanych województwach oraz przeprowadzono wywiady z 120 rolnikami i 47 doradcami rolnymi i ekspertami w zakresie rolnictwa i rozwoju wsi. Ponieważ najwięcej badanych gospodarstw znajdowało się na terenie województwa pomorskiego dokonano analizy efektów realizacji programów rolnośrodowiskowych w tym województwie w porównaniu do pozostałych czterech województw (kujawsko-pomorskiego, łódzkiego, śląskiego i podkarpackiego).

Województwo	Suma wniosków	Wnioskowana kwota w zł.
kujawsko-pomorskie	3448	36 484 625,45
podkarpackie	2849	27 699 883,41
pomorskie	2001	26 253 527,82
łódzkie	1380	6 756 203,77
śląskie	469	3 920 159,60

Tabela 1. Liczba wniosków złożonych w badanych województwach w 2009 roku

Źródło: oprac. własne na podstawie Biuletynu informacyjnego Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi i ARiMR nr 10/2009, s. 22.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

W badaniach rolników jako narzędzie badawcze wykorzystano ankietę składającą się z 25 pytań w tym 7 otwartych, 5 półotwartych i 13 zamkniętych. Pytania otwarte dotyczyły charakterystyki próby badanej i ogólnej charakterystyki gospodarstw; półotwarte odnosiły się do realizacji programów rolnośrodowiskowych, przestrzegania zasad wzajemnej zgodności, walorów przyrodniczych gminy oraz problemu obszarów Natura 2000. Odpowiadając na pytania półotwarte rolnik mógł udzielić własnej odpowiedzi lub wybrać jedną z pośród zaproponowanych w ankiecie. Niektóre pytania wymagały uzasadnienia przez rolnika wybranej odpowiedzi. Pytania zamknięte dotyczyły informacji o programach rolnośrodowiskowych realizowanych w gospodarstwie, wiedzy ekologicznej oraz potrzeb edukacyjnych respondentów.

Program rolnośrodowiskowy – realizacja w Polsce

Program rolnośrodowiskowy realizowany jest w Polsce przez ponad 7% gospodarstw korzystających z opłat obszarowych. Co roku w skali kraju rolnicy składają kilkanaście tysięcy nowych wniosków. Ilość wniosków złożonych w województwach objętych badaniami w 2009 roku obrazuje tabela 1.

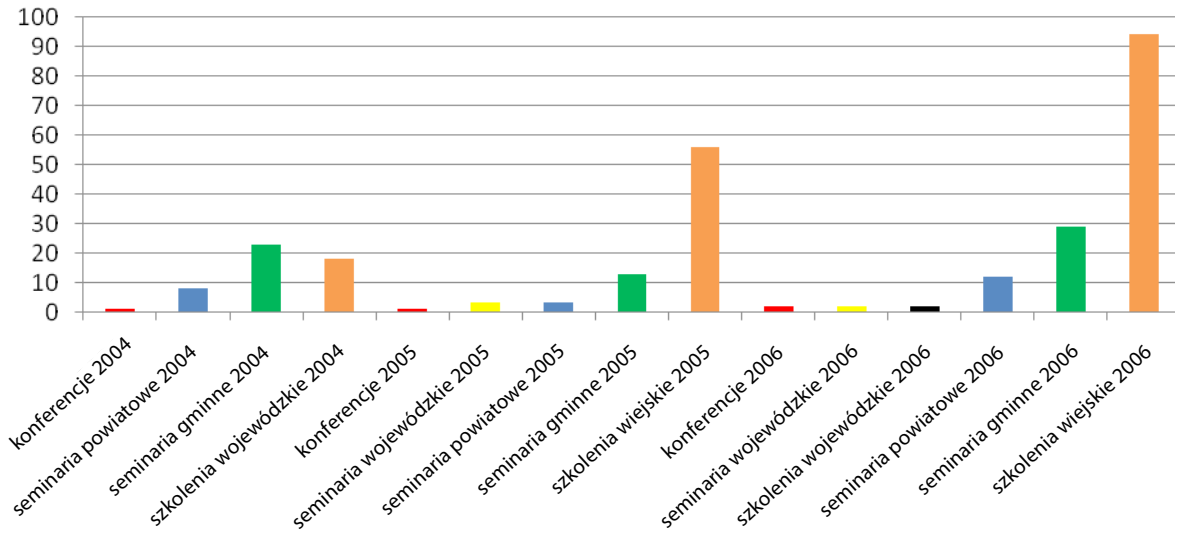
Wnioski o przyznanie płatności rolnośrodowiskowej składane są w biurach powiatowych Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR). Decyzję administracyjną w sprawie przyznania pierwszych i kolejnych płatności wydaje kierownik biura powiatowego ARiMR w terminie od 1 października do 1 marca roku następnego w którym został złożony wniosek o przyznanie płatności. W skali kraju latach 2005–2009 złożono ponad 100.000 wniosków rolnośrodowiskowych. W 2009 roku rolnicy złożyli 37.184 wnioski, deklarując realizację 56.407 pakietów – średnio w gospodarstwie 1,52 pakietu.

Wyniki wdrażania programu rolnośrodowiskowego w województwie pomorskim

Województwo pomorskie jest drugim w kraju pod względem liczby rolników realizujących zobowiązania rolnośrodowiskowe w stosunku do ogólnej liczby rolników w województwie (15,49% rolników ubiegających się o dopłaty bezpośrednie w 2009 roku). W 2010 roku program realizowało ponad 16% gospodarstw korzystających z dopłat obszarowych (bezpośrednich). Liderami są rolnicy z powiatów: lęborskiego, słupskiego, bytowskiego i człuchowskiego, w których działania programu rolno środowiskowego obejmują 25% gospodarstw.

Do 2008 roku największą popularnością w województwie pomorskim cieszył się pakiet „Ochrona gleb i wód" – 3814 wniosków. Drugie miejsce zajmowały pakiety przyrodnicze – 847 wniosków, głównie w wariancie „Półnaturalne łąki dwukośne". Zmiany szczegółowych warunków realizacji programu rolnośrodowiskowego, jakie nastąpiły w 2008 roku, spowodowały wyraźne osłabienie zainteresowania pakietem „Ochrona gleb i wód" oraz dynamiczny przyrost ilości gospodarstw realizujących pakiety: „Ekstensywne trwałe użytki zielone" i „Rolnictwo ekologiczne" (Radke, 2010).

Liczba gospodarstw realizujących program rolnośrodowiskowy w województwie pomorskim w stosunku do gospodarstw wnioskujących o dopłaty bezpośrednie w 2009 roku wynosiła: w powiecie słupskim 27,28%, lęborskim 28,78%, bytowskim 27,28%, człuchowskim 26,01%, wejherowskim 21,96%, chojnickim 16,56%, kościerskim 16,68%, puckim 14,05%, starogardzkim 11,91%, kartuskim 9,89%, gdańskim 6,69%, malborskim 9,04%, tczewskim 6,37%, kwidzyńskim 10,04%, sztumskim 8,11%, nowodworskim 6,12%.



Ryc. 1. Działania edukacyjne dotyczące programu rolnośrodowiskowego realizowane w ramach PROW 2004–2006

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Dotacje wypłacone rolnikom w okresie od roku 2004 do końca 2010 przekroczyły 200 mln zł[2]. Czy wydatkowanie tej kwoty wpłynęło w znaczący sposób na poprawę stanu świadomości i kultury ekologicznej rolników? Czy zaowocowało zmianą ich postaw wobec środowiska? Wyniki badań tylko częściowo pozwalają na udzielenie odpowiedzi na te pytania.

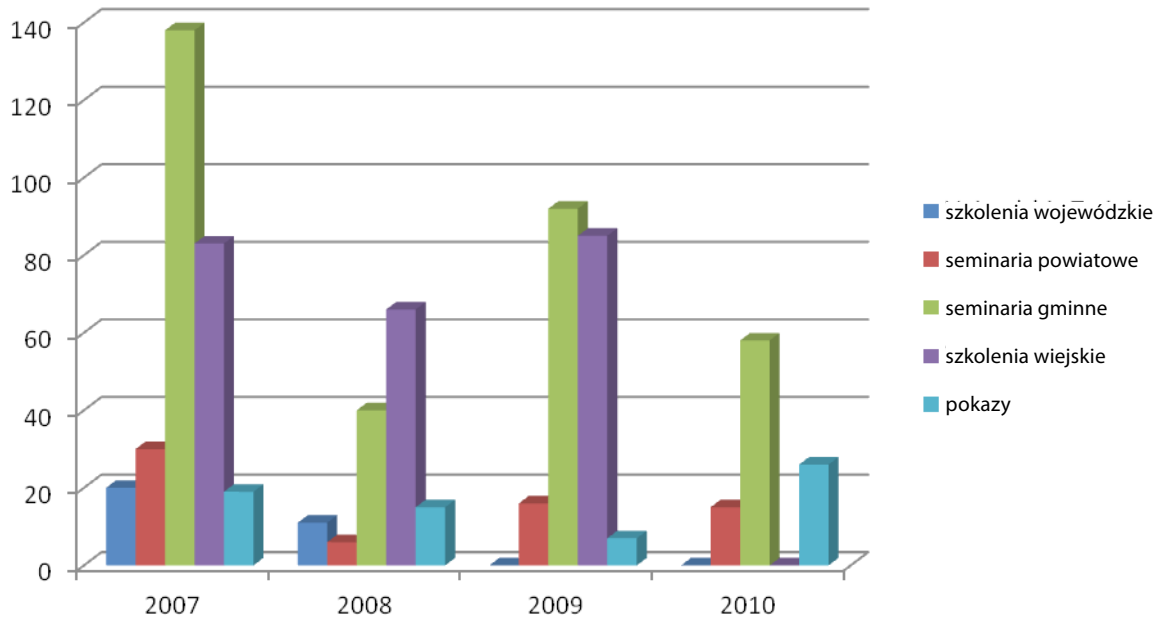
Działalność edukacyjna Pomorskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego

Działalność edukacyjna Pomorskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego dotycząca programu rolnośrodowiskowego obejmowała dwa okresy. Pierwszy z nich dotyczył realizacji Planu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2004–2006 (PROW 2004–2006), drugi realizacji Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich (PROW 2007–2013). W pierwszym okresie obejmującym okres trzyletni zorganizowano łącznie 282 szkolenia, seminaria i konferencje dotyczące omawianej problematyki. W tych działaniach uczestniczyło łącznie 6064 rolników. Dynamikę organizacji szkoleń zilustrowano w formie diagramu (ryc. 1).

Z danych zawartych w tabeli wynika, że działalność szkoleniowa państwowej służby doradczej wykazywała wyraźną tendencję wzrostową, zarówno pod względem ilościowym, jak i zróżnicowania oferty edukacyjnej.

W ramach realizacji Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007–2013 do roku 2010 włącznie zorganizowano 685 różnego typu szkoleń i konferencji, w których uczestniczyło łącznie 17.649 osób. Dynamikę organizacji szkoleń ilustruje ryc. 2

Ilość szkoleń uzależniona była od okresu wdrażania Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007–2013, brano również pod uwagę zapotrzebowanie ze strony rolników. Oprócz szkoleń wyszczególnionych



Ryc. 2. Działania szkoleniowe dotyczące programów rolnośrodowiskowych organizowane w ramach PROW 2007-2014

na wykresie zorganizowano także 13 konferencji wojewódzkich, w których uczestniczyło łącznie 1175 osób. Bogata oferta szkoleniowa świadczy o dużym zaangażowaniu Pomorskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w przygotowanie rolników do realizacji programu rolnośrodowiskowego

Tematyka działalności edukacyjnej obejmowała:

- zasady przystąpienia do programu rolnośrodowiskowego,
- wymogi przy realizacji poszczególnych pakietów,
- formę i terminy składania wniosków rolnośrodowiskowych,
- zasady sporządzania i prowadzenia dokumentacji rolnośrodowiskowej (plan działalności rolnośrodowiskowej, plan nawożenia, rejestr działalności rolnośrodowiskowej),
- naliczanie płatności rolnośrodowiskowej należnej za realizację programu w gospodarstwie rolnym,
- sposoby kontroli realizacji programu rolnośrodowiskowego w gospodarstwach rolnych prowadzonych przez Agencje Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa,
- zasady kwalifikowania łąk, siedlisk i użytków przyrodniczych do pakietów przyrodniczych programu,
- praktyczne zagadnienia związane z realizacją programu w gospodarstwie rolnym,
- korzyści środowiskowe, ekologiczne i ekonomiczne wynikające z realizacji programu rolnośrodowiskowego w gospodarstwach rolnych.

Ośrodek ten przeprowadził również w latach 2004–2011 kilkadziesiąt szkoleń dotyczących zasady wzajem-

2 Dane udostępnione przez Oddział Rejonowy ARMiR w Gdyni.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Tematy szkoleń	Liczba szkoleń
Produkcja rolna a wymogi środowiska naturalnego	80
Minimalne wymagania dla gospodarstw rolnych dotyczące wzajemnej zgodności (cross compliance)	44
Wspieranie przedsięwzięć rolnośrodowiskowych	84
Natura 2000 w rolnictwie	3
Produkcja ekologiczna	25
Wdrażanie zasad dobrej praktyki rolniczej	31
Inne związane z ochrona środowiska	97

Tabela 2. Tematyka szkoleń w województwie podkarpackim w sezonie szkoleniowym 2010/2011

nej zgodności, rolnictwa ekologicznego i wdrażania zasad dobrej praktyki rolniczej. Jak wynika z powyższego zestawienia, tematyka szkoleń dotyczyła w znacznej części problemów technicznych i organizacyjnych realizacji programu rolnośrodowiskowego (w jaki sposób wypełnić wniosek, jakie działania podjąć żeby wykonać zobowiązanie, jak rozliczyć program żeby otrzymać pieniądze). Problematyka przyrodniczych podstaw realizacji programu oraz znaczenie podejmowanych zobowiązań dla ochrony środowiska zajmowała w programie działalności szkoleniowej zdecydowanie mniej miejsca. Twórcy programów szkoleń w niewielkim stopniu uwzględnili koncepcję andragogiki ekologicznej (Turos, 2004).

Należy dodać, że proces kształtowania postaw jest długotrwały. Podstawę kształtowania postaw dorosłych powinien stanowić system edukacji formalnej. Na bazie informacji uzyskanych w trakcie wywiadów z kierownictwem ODR i doradcami rolnymi stwierdzono brak sformalizowanej współpracy ośrodka ze szkołami wiejskimi różnych szczebli. Współpraca taka była z powodzeniem realizowana już w latach 90. XX w. przez niektóre ośrodki doradztwa rolniczego, m.in. w ówczesnych województwach toruńskim i krośnieńskim (Kowalak, 1994). Realizacja koncepcji edukacji przez całe życie wymaga nawiązania takiej współpracy.

Działalność edukacyjna pozostałych ośrodków

Szeroko zakrojona działalność szkoleniową w zakresie ochrony środowiska i programów rolnośrodowiskowych prowadziły wszystkie badane ośrodki. Według uzyskanych (niepełnych) danych do końca 2010 roku łączna liczba przeprowadzonych szkoleń w badanych czterech województwach w ramach PROW 2004–2006 i PROW wynosiła ponad 2900. Największą liczbę szkoleń przeprowadzono w województwie podkarpackim, a najmniejszą w śląskim (wynika to w dużym stopniu z udziału rolników w realizacji programów rolnośrodowiskowych). Jako przykład można podać, że w sezonie szkoleniowym 2010–2011 w województwie podkarpackim ponad 50% zrealizowanych szkoleń dotyczyła w całości problemów ochrony środowiska, w tym programów rolnośrodowiskowych, bądź pośrednio związana była z tą problematyką. Łącznie tym tematom poświęcono 364 szkoleń w tym 1 konferencję wojewódzką, 2 szkolenia powiatowe, 121 gminnych i 240 wiejskich[3]. Tematykę szkoleń w województwie podkarpackim przedstawiono w tabeli 2.

Jak wynika z powyższego zestawienia, aż 84 szkolenia poświęcone zostały wyłącznie problematyce programów rolnośrodowiskowych, 80 dotyczyło związków produkcji rolnej i ochrony środowiska, 44 zasady wzajemnej zgodności, 25 produkcji ekologicznej, 31 wdrażania zasad dobrej praktyki rolniczej, a 3 poświęcono problemom Europejskiej Sieci NATURA 2000 w rolnictwie. Świadczy to o bardzo dużym zaangażowaniu tego ośrodka w problematykę związana z ochrona środowiska.

3 Dane uzyskane ze strony internetowej Podkarpackiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Boguchwale. Dostęp: 10.01.2011.

Wyniki badań ankietowych rolników

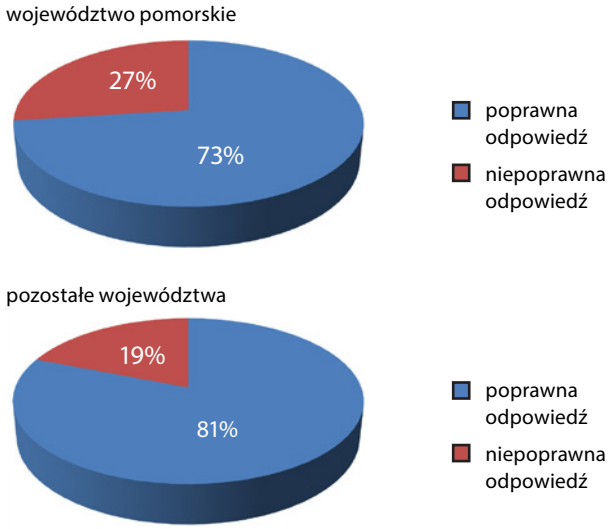
W pięciu województwach 378 badanych gospodarstw realizowało łącznie 597 pakietów rolnośrodowiskowych (średnio w gospodarstwie realizowane były 1,58 pakietów). Część gospodarstw realizowała nawet trzy rodzaje zobowiązań (pakietów). W województwie pomorskim 207 gospodarstw realizowało 286 pakietów (średnio 1,35 na gospodarstwo).

Jednym z ważnych kryteriów oceny stanu świadomości ekologicznej badanych rolników była analiza odpowiedzi na pytanie dotyczące motywacji podjęcia zobowiązania rolnośrodowiskowego. Wypełniając ankietę rolnicy mogli wybrać dwa uzasadnienia z pośród podanych bądź podać własne. Uzyskane wyniki wskazują, że główną motywacją do podjęcia zobowiązania była chęć uzyskania korzyści finansowej. Uznając za 100% liczbę realizowanych pakietów wysoka stawka płatności była główną przyczyną podpisania kontraktu rolnośrodowiskowego w 73,37 przypadków. Nieco wyższy wskaźnik osiągnęli rolnicy z województwa pomorskiego – 76,57%. Część pozostałych gospodarstw podawała stawkę płatności jako drugą przyczynę podjęcia zobowiązania rolnośrodowiskowego. Symptomatyczny jest fakt, że tylko 2,9% respondentów nie podała przy żadnym z realizowanych pakietów motywacji finansowej. Można zatem wnioskować, że aż 97% rolników realizuje programy rolnośrodowiskowe, głównie dlatego, że otrzymują podwyższone dopłaty. Stanowi to potwierdzenie hipotezy nr 2.

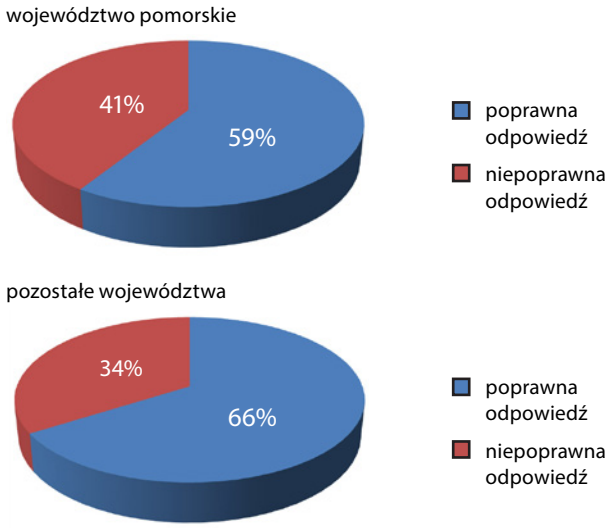
Chęć ochrony przyrody i krajobrazu deklarowana jest przez respondentów przy wyborze 177 pakietów (29,65% badanych), w tym głównie rolnictwa ekologicznego (w większości w połączeniu z wysoką stawką płatności). W województwie pomorskim wynik ten jest wyższy i wynosi 45,10% badanych.

Na obszarach rolnych istotną rolę odgrywają obszary Natura 2000. Lokalizacja tych obszarów w dużym

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014



Ryc. 3. Znajomość celu wyznaczania obszarów Natura 2000



Ryc. 4. Wpływ rolnika na wyznaczanie obszarów Natura 2000 (% respondentów)

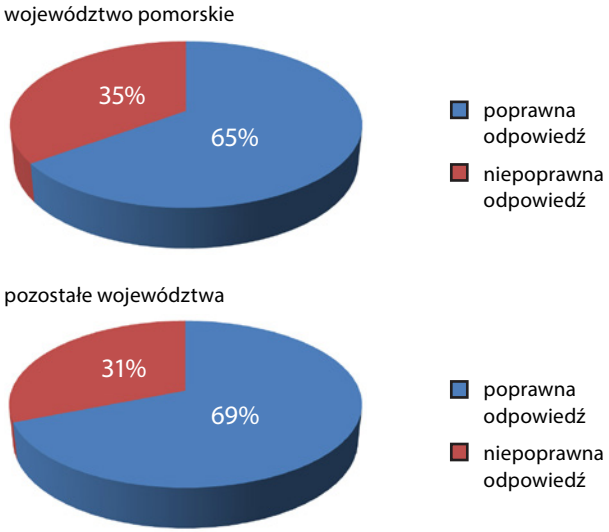
stopniu decyduje o możliwościach i metodach produkcji rolnej. Znajomość celu wyznaczenia tych obszarów oraz ich specyfiki jest jednym z ważnych zagadnień realizacji polityki zrównoważonego rozwoju na terenach wiejskich. Ankietowani mieli do wyboru trzy odpowiedzi mogli też udzielić własnej. Ryc. 3 przedstawia wyniki badań znajomości przez respondentów celu wyznaczania obszarów Natura 2000.

Uzyskane wyniki wskazują, że znajomością celów wyznaczenia obszarów Natura 2000 legitymuje się 73% respondentów w województwie pomorskim i 81% w pozostałych województwach. Na Pomorzu 27%, a w pozostałych województwach 19% badanych nie potrafiło zdefiniować tych celów. Można zatem przyjąć, że przeważająca większość rolników zna cele ustanawiania obszarów Natura 2000.

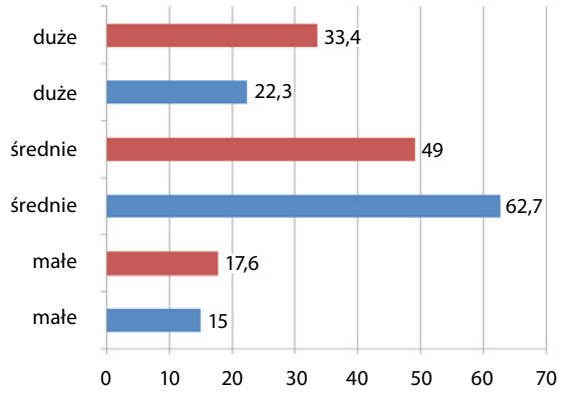
Znacznie większą trudność sprawiła respondentom odpowiedź na pytanie, jaki jest ich osobisty wpływ na lokalizację obszarów naturowych. Jak wiadomo, przy wyznaczaniu obszarów Natura 2000 brane są pod uwagę jedynie udokumentowane naukowo uwarunkowania przyrodnicze – właściciel terenu nie ma wpływu na ich wyznaczanie. Wyniki badań znajomości tego faktu przez rolników przedstawiono na ryc. 4.

Na pytanie, czy rolnik ma wpływ na wyznaczanie obszarów Natura 2000, aż 41% respondentów z województwa pomorskiego i 34% z pozostałych województw odpowiedziało, że ma. Gospodarujący na obszarach naturowych powinien zdawać sobie sprawę, że jest zobowiązany do przestrzegania ściśle określonych (narzuconych przez ustawodawcę) zasad – nie może ich zmieniać. Blisko 40% respondentów nie posiada takiej świadomości.

Pytanie zamknięte dotyczące definicji zrównoważonego rozwoju zawierało trzy propozycje jego określenia z których jedna była prawidłowa. Odpowiadając na to pytanie, 35% rolników z województwa pomorskiego



Ryc. 5. Znajomość definicji zrównoważonego rozwoju (% respondentów)



Ryc. 6. Wyniki samooceny zainteresowania ochrona środowiska (% respondentów)

Kolorem niebieskim oznaczono woj. pomorskie, a kolorem czerwonym pozostałe województwa.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

i 31% udzieliło niewłaściwej odpowiedzi. Uważali oni, że jest to rozwój w którym ochronę przyrody przedkłada się ponad interes cywilizacji ludzkiej (odpowiednio 18 i 17%), system wymuszający ochronę środowiska (9 i 9%), a nawet „taki rozwój gospodarki rynkowej w którym rosnąca produkcja i konsumpcja dóbr materialnych w niewielkim stopniu pogarsza stan środowiska" (3 i 2%). Pozostali respondenci zaznaczyli odpowiedź „nie wiem" (4 i 3%). Wyniki badań zilustrowano na ryc. 5.

Rolnicy wykazali się stosunkowo dużą znajomością zasad wzajemnej zgodności. W skali pięciu województw udzielono tylko 15% nieprawidłowych odpowiedzi dotyczących tej problematyki. Wynika to głównie z faktu, że spełnienie warunków *cross compliance* stanowi podstawę do otrzymania dopłat rolnośrodowiskowych. We wszystkich badanych ośrodkach wiele szkoleń poświęconych było temu zagadnieniu.

Istotny dla określenia postaw rolników w podejściu do środowiska jest wynik samooceny zainteresowania problemami ochrony ekosystemów żywicielskich – 15% respondentów z województwa pomorskiego deklaruje małe zainteresowanie, 62,7% średnie, a tylko 22,3% duże zainteresowanie ochroną środowiska. W pozostałych województwach duże zainteresowanie tą problematyką deklaruje 33,4% badanych, średnie 49%, a małe 17,6%. Można zatem założyć, że autentycznie zainteresowanych ochroną przyrody jest około 25% rolników. Stanowi to potwierdzenie hipotez 1 i 3.

Ponieważ największa liczba respondentów podaje ośrodki doradztwa rolniczego jako główne źródło informacji na temat programów rolnośrodowiskowych i ogólnie ochrony środowiska (46,4%), należy zastanowić się dlaczego bogata oferta szkoleniowa nie przekłada się na efekty w postaci postaw prośrodowiskowych rolników. Można tu wymienić przynajmniej trzy przyczyny.

Zasadniczym celem szkoleń prowadzonych przez doradców rolnych jest nauczenie rolników metod pozyskania środków finansowych i ich właściwego rozliczenia. Kształtowanie postaw przyjaznych środowisku czy zrozumienia i poszanowania przyrody traktowane jest jako drugoplanowe.

Właściwy stosunek rolników do środowiska, oparty na znajomości występujących powiązań, znajomości i poszanowania praw przyrody oraz odpowiedzialności, nie został ukształtowany w szkołach (w ramach edukacji formalnej). Potwierdzają to informacje uzyskane z wywiadów prowadzonych z rolnikami.

Brakuje właściwego przygotowania rolników przez szkoły różnych szczebli do uczestnictwa w procesie kształcenia przez całe życie (w tym w zakresie ochrony i kształtowania środowiska). Fundament kształcenia dorosłych buduje edukacja formalna w szkołach.

Ważne uzupełnienie i uściślenie danych pozyskanych w wyniku badań ankietowych stanowiły wywiady z rolnikami. Jeden z motywów wywiadu stanowiła ogólna ocena estetyki gospodarstwa oraz wybranych aspektów bioróżnorodności na terenie obejścia i najbliższej okolicy (m.in. obecność starych drzew w tym starych odmian roślin sadowniczych, nasadzenia gatunkami obcymi np. iglakami i inne). Informacje uzyskane podczas wywiadów wskazują, że przeważająca większość z nich traktuje środowisko przyrodnicze w sposób przedmiotowy. Zdecydowanie pozytywny stosunek do środowiska i zrozumienie systemu wzajemnych powiązań w nim występujących stwierdzono w stosunkowo nielicznych gospodarstwach (19% badanych) – głównie realizujących pakiet rolnictwo ekologiczne. Niestety i wśród rolników ekologicznych można spotkać takich, dla których główną motywację podjęcia zobowiązania środowiskowego była wysokość dopłat.

Zastanawia fakt, że ponad 60% rolników udzielających wywiadu podaje, że głównym źródłem wiedzy o otaczającej przyrodzie (nazwy gatunkowe roślin uprawnych i dziko żyjących, zwierząt, ptaków) był dom rodzinny, a nie szkoła. Dom rodzinny ukształtował również ich wzorce zachowań wobec środowiska. Dotyczy to głównie osób wychowanych w gospodarstwie.

Mimo to na podstawie wywiadów z doradcami rolnymi i rolnikami można stwierdzić pozytywne efekty środowiskowe (ekologiczne) realizacji zobowiązań rolnośrodowiskowych. Programy te wymuszają bowiem szereg działań poprawiających stan środowiska przyrodniczego takich m.in. jak: przestrzeganie zasad dobrej praktyki rolniczej i zasady *cross-compliance*, właściwą gospodarkę wodno-ściekową, właściwe gospodarowanie obornikiem, posiadanie aktualnej umowy na wywóz odpadów, segregowanie odpadów. Zdaniem doradców rolnych, do poprawy stanu środowiska w sposób widoczny przyczynia się również optymalizacja nawożenia, wprowadzenie poplonów, właściwe zmianowanie, utrzymywanie trwałych użytków zielonych i niektóre inne podejmowane przez rolników działania. Stanowi to potwierdzenie hipotezy nr 4.

Z wywiadów z doradcami i ekspertami zajmującymi się rolnictwem w samorządach powiatowych wynika, że brakuje koncepcji edukacji przez całe życie, obejmującej powiązanie edukacji szkolnej z kształceniem dorosłych.

Pełne wyniki badań opublikowane zostaną w przygotowywanej do druku monografii.

Wnioski

Realizacja programów rolnośrodowiskowych przyczynia się do poprawy stanu środowiska na obszarach wiejskich; jest to jednak efekt wymuszony przez system dopłat. Uzyskanie gratyfikacji finansowych uzależnione jest od spełnienia określonych kryteriów środowiskowych. Programy te w niewielkim stopniu przyczyniają się do podniesienia świadomości środowiskowej (ekologicznej) rolników.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Wyniki badań potwierdziły, że główną motywacją do podejmowania przez rolników zobowiązań rolnośrodowiskowych jest uzyskanie podwyższonych dopłat.

Realizacja programów rolnośrodowiskowych powinna służyć nie tylko doraźnej poprawie stanu środowiska przyrodniczego, lecz także kształtowaniu postaw rolników gwarantujących względnie trwałą realizację celów ekologicznych w przyszłości.

Działalność oświatowa prowadzona przez system doradztwa rolniczego obejmuje głównie doskonalenie sposobów produkcji i organizacji gospodarstwa w celu osiągnięcia coraz lepszych efektów ekonomicznych. Kształtowanie świadomości i postaw prośrodowiskowych ma drugoplanowe znaczenie.

Duża aktywność ośrodków doradztwa rolniczego w organizacji działalności szkoleniowej w zakresie ochrony ekosystemów rolniczych, przy jednocześnie utrzymującym się niskim stanie świadomości ekologicznej rolników, świadczy m.in. o konieczności wypracowania skuteczniejszych metod nauczania dorosłych (docierania do świadomości dorosłego odbiorcy).

Konieczne jest opracowanie modelu kształcenia przez całe życie obejmującego edukację formalną i nauczanie dorosłych mieszkańców wsi umożliwiającego ukształtowanie trwałych postaw prośrodowiskowych.

Literatura:

Delors J, ed. (1996). *Learning: the treasure within: report to UNESCO of the International Commission on Education for the Twenty-first Century*. URL: http://unesdoc.unesco.org/images/0010/001095/109590eo.pdf. Access: 14.03.2014.

Frąckowiak A, Półturzycki J (2010). Tendencje rozwojowe edukacji dorosłych In: *Edukacja Dorosłych w wybranych krajach Europy*. Wydawnictwo Żak, Warszawa.

Kowalak A (1994). *Zadania edukacji ekologicznej na wsi*. UNEP/WHO, Fundacja CEEW, Krosno.

Kowalak A (2012). Andragogika wobec problemów zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich. In: *Współczesne kształcenie i doskonalenie zawodowe nauczycieli przedmiotów przyrodniczych na obszarach wiejskich i miejskich*. UJK, Kielce.

Kowalak A, Tuszyńska L (2013). Development of Environmental Awareness as an Important Element of Lifelong Education in a Knowledge-based Socjety. In: *Science Society Didactics. Uniwersytet Pedagogiczny*, Kraków.

Kozłowski S (1993). *Rio – początek ery ekologicznej*. AKAPIT PRESS Łódź.

Maziarz Cz (1984). *Andragogika rolnicza*. PWN, Warszawa

MEN (2008). *Program Rozwoju Edukacji na Obszarach Wiejskich, Ministerwo Edukacji Narodowej*, 29.07.2008. URL: http://bip.men.gov.pl/images/stories/APsr/program%20wiejski.pdf. Access: 14.03.2014.

MEN (2012). Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 7 lutego 2012 roku w sprawie podstawy programowej kształcenia w zawodach (*Journal of Laws* 2012 No. 34 item 184).

MEN (2013). *Program Rozwoju Edukacji na Obszarach Wiejskich na lata 2008-2013*. Ministerwo Edukacji Narodowej, Warszawa.

MRRW (2009). Agenda 21 Globalny Program Działań Wyd. Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa 1992. *Biuletyn informacyjny Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi i ARiMR*, 10.

Radke K (2010). Wyniki wdrażania programu rolnośrodowiskowego w województwie pomorskim. *Pomorskie wieści rolnicze*, 11.

Sołtysiak U, ed. (1993). *Rolnictwo ekologiczne od teorii do praktyki*. Stowarzyszenie Ekoland, Stiftung Leben&Umwelt, Warszawa.

Turos L (2004). *Andragogika*. PWN, Warszawa.

UNESCO (1999). CONFINTEA Follow-up Report to the General Conference of UNESCO 1999. URL: http://www.unesco.org/education/uie/pdf/folloeng.pdf. Access: 14.03.2014.

UNESCO (2010). Confintea VI sixth international conference on adult education final report. UNESCO Insitute for Lifelong Learing, Belem. URL: http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001877/187790e.pdf. Access: 14.03.2014.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Lekcja o komórkach macierzystych

Scenariusz zajęć

Ilona Żeber-Dzikowska, Aleksandra Szydłowska

Temat: Oskarżeni – komórki macierzyste

Odbiorcy: uczniowie liceum lub technikum, realizujący rozszerzony zakres biologii

Czas trwania zajęć: 2 x 45 minut

dr hab. Ilona Żeber-Dzikowska: Instytut Biologii Uniwersytetu im. Jana Kochanowskiego w Kielcach

Aleksandra Szydłowska: studentka na kierunku biologia z wychowaniem fizycznym, Instytut Biologii Uniwersytetu im. Jana Kochanowskiego w Kielcach

Odniesienie do podstawy programowej:

Cele kształcenia:

II. Pogłębienie wiadomości dotyczących budowy i funkcjonowania organizmu ludzkiego. Uczeń objaśnia funkcjonowanie organizmu ludzkiego na różnych poziomach złożoności (...).

IV. Poszukiwanie, wykorzystanie i tworzenie informacji. Uczeń odczytuje, selekcjonuje, porównuje i przetwarza informacje pozyskane z różnorodnych źródeł, w tym za pomocą technologii informacyjno-komunikacyjnych.

V. Rozumowanie i argumentacja. Uczeń objaśnia i komentuje informacje, odnosi się krytycznie do przedstawionych informacji, oddziela fakty od opinii (…) przedstawia opinie związane z omawianymi zagadnieniami biologicznymi, dobierając racjonalne argumenty, (...). Rozumie znaczenie współczesnej biologii w życiu człowieka.

VI. Postawa wobec przyrody i środowiska. Uczeń (...) prezentuje postawę szacunku wobec siebie i wszystkich istot żywych (...).

Treści nauczania:

VI. Genetyka i biotechnologia. 8. Biotechnologia molekularna, inżynieria genetyczna i medycyna molekularna. Uczeń:

6) przedstawia sposoby i cele otrzymywania komórek macierzystych;

8) dyskutuje problemy etyczne związane z rozwojem inżynierii genetycznej i biotechnologii, w tym przedstawia kontrowersje towarzyszące badaniom nad klonowaniem terapeutycznym człowieka i formułuje własną opinię na ten temat.

Typ zajęć: wprowadzenie nowego materiału

Forma nauczania: zajęcia edukacyjne w klasie szkolnej

Forma organizacyjna: praca indywidualna, praca grupowa

Strategie: operacyjna, emocjonalna

Metody nauczania:

- obserwacyjne: obserwacja zastępczych środków – film
- słowne: dyskusja, inscenizacja sali rozpraw

Środki dydaktyczne: karty pracy, film

Materiały:

- Artykuł: Archacka K (2013). macierzyste część 1 – wprowadzenie. *Edukacja Biologiczna i Środowiskowa*, 1(45):3-7. Dostępny na: http://ebis.ibe.edu.pl/index.php?l=english&d=numery&rok=2013&nr=1
- Artykuł: Bauer D, Neska J, Archacka K (2013). Stem Cells. Komórki macierzyste. Część III – komórki macierzyste organizmów dorosłych. *Edukacja Biologiczna i Środowiskowa*, 4(48): 3-10; Dostępny na: http://ebis.ibe.edu.pl/index.php?l=english&d=numery&rok=2013&nr=4
- fragment programu informacyjnego „Fakty": http://www.youtube.com/watch?v=g5j-eBzQpns [dostęp: 11.01.14]

NAUKA
SZKOŁA
KRÓTKO

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

I. Faza przygotowawcza

Nauczyciel pyta uczniów, czym według nich są komórki macierzyste. Razem, na zasadzie burzy mózgów ustalają definicję, którą następnie zapisują na tablicy. W końcowej fazie zajęć uczniowie ocenią jej trafność.

II. Faza realizacyjna

Prezentacja fragmentu serwisu informacyjnego „Fakty" – reportaż na temat komórek macierzystych.

Nauczyciel rozdaje uczniom karty pracy z zadaniami, które rozwiążą samodzielnie z wykorzystaniem tekstów źródłowych nr 1, 2 – artykuł „Komórki macierzyste część 1 – wprowadzenie", dr Karolina Archacka, w: „Edukacja Biologiczna i Środowiskowa", nr 1(45)/2013, s. 3–7; artykuł „Komórki macierzyste. Część III – komórki macierzyste organizmów dorosłych", Damian Bauer, Jacek Neska, Karolina Archacka, w: „Edukacja Biologiczna i Środowiskowa", nr 4(48)/2013, s. 3–10;

Wspólne sprawdzenie rozwiązań z kart pracy, ewentualna dyskusja zagadnień niejasnych lub kwestii spornych.

Przedstawienie przez nauczyciela odkryć ostatnich kilkudziesięciu lat w dziedzinie inżynierii genetycznej

- 2005 – nagroda Nobla dla Martina Evans'a w dziedzinie fizjologii lub medycyny za uzyskanie zarodkowych komórek macierzystych.
- 2007 – uzyskanie po raz pierwszy ludzkich linii komórek macierzystych z niezapłodnionych oocytów, linie te przekształcono później w komórki wątroby.
- 2010 – wytworzenie sprawnych neuronów z mysich fibroblastów poprzez wprowadzenie do nich trzech genów. W sierpniu 2011 także przeprowadzono podobny zabieg na ludzkich komórkach. Na dalszych etapach przekształcenie mysich fibroblastów w komórki wątroby i mięśnia sercowego oraz ludzkich fibroblastów w komórki hematopoetyczne.
- Lipiec 2011 – w Science ogłoszono zidentyfikowanie markerów ułatwiających znalezienie komórek macierzystych krwi.
- Październik 2011 – uzyskano pierwsze ludzkie komórki macierzyste ze sklonowanego ludzkiego embrionu. Również w tym miesiącu Trybunał Sprawiedliwości Unii Europejskiej zakazał patentowania metody pozyskiwania ESC, jeśli prowadzi ona do śmierci zarodka.
- Styczeń 2012 – Południowokoreańska Agencja ds. Leków jako pierwsza na świecie dopuściła do sprzedaży lek z ludzkimi komórkami macierzystymi.
- Luty 2012 – odkryto, że komórki raka piersi po poddaniu ich radioterapii przekształciły się w nowotworowe komórki macierzyste, które były od nich bardziej odporne i złośliwe.

Źródło: http://pl.wikipedia.org/wiki/Kom% C3% B3rki_macierzyste

Podział klasy na dwie grupy ze względu na ich opinię na temat komórek macierzystych. Przed podziałem na grupy nauczyciel wybiera lub też uczniowie zgłaszają się do roli sędziego. Sędzia powinien zachować bezstronność, a więc nie uczestniczy w pracach grup. Może przygotowywać się do swojej roli czytając dodatkową literaturę na temat komórek macierzystych (np. część II serii w „Edukacji Biologicznej i Środowiskowej").

Uwaga. Jeżeli okaże się, że cała klasa jest za lub przeciw pozyskiwaniu i stosowaniu w medycynie komórek macierzystych, podział przestaje być aktualny (nie można uczniów stawiać w sytuacji, kiedy będą świadczyć wbrew swoim przekonaniom). W takiej sytuacji możliwym rozwiązaniem jest wcielenie się nauczyciela w rolę oponenta.

- Grupa I – zwolennicy, z tej grupy będzie wybrany adwokat, broniący komórek macierzystych.
- Grupa II – przeciwnicy, z tej grupy będzie wybrany prokurator, oskarżający komórki macierzyste.

Grupy przygotowują argumenty dla poparcia swojego stanowiska, które następnie na forum klasy w formie mowy końcowej przedstawią wytypowani prokurator oraz adwokat. Po przedstawieniu wszystkich „za" i „przeciw" sąd ogłasza werdykt.

Przykładowy przebieg

Stanowisko prokuratora: Komórki macierzyste dają duże szanse w leczeniu różnych chorób – to sformułowanie które można przeczytać w wielu pracach na ten temat. Potwierdzają to testy wykonywane nie tylko na zwierzętach, ale także na ludziach czego jesteśmy absolutnymi przeciwnikami. W większości przypadków również na płodach, co jest kolejnym źródłem sporów natury moralnej. Czytamy też, że niektóre z komórek macierzystych są totipotencjalne czyli zdolne do przekształcenia we wszystkie rodzaje tkanek i narządów. Nasuwa się pytanie, czy nie jest to pierwszy krok do klonowania człowieka? Wiedza na ten temat, znajdująca się w niewłaściwych rękach (a właściwie głowach) może prowadzić do poważnych konsekwencji. Ogromne zainteresowanie budzą komórki macierzyste pobrane z krwi pępowinowej, mają one większe zdolności do podziałów oraz łatwiej ulegają przekształceniu w komórki wyspecjalizowane. Tak więc można je pobrać przy porodzie i wykorzystać w sytuacji, gdy rodzące się dziecko będzie potrzebowało interwencji medycznej. Nie ulega wątpliwości, że jest to właściwe i prawidłowe zachowywanie komórek z krwi pępowinowej do leczenia w przyszłości dziecka które się urodziło za pomocą

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wykorzystania jego komórek macierzystych. Ale jest niedopuszczalna inna sytuacja polegająca na poczęciu dziecka specjalnie po to, by uzyskać komórki macierzyste do leczenia starszego rodzeństwa. To kolejny aspekt uderzający w naszą sferę etyczną, bo czy kosztem jednego życia można leczyć drugie? Ponadto krew pępowinową można zachować w specjalnym banku, na wypadek wystąpienia w przyszłości choroby lub wypadku. Jest to jednak bardzo kosztowne, więc możliwość korzystania z nich będą mieli tylko najbogatsi ludzie. Zazwyczaj informacje na ten temat przekazywane są parom, które oczekują dziecka, przez co ich dążenia do zabezpieczenia przyszłości potomka są jak największe. Uważamy za nieetyczne snucie wizji choroby dziecka przed rodzicami w tak radosnym momencie ich życia. Istnieją granice ingerencji nauki w naturę. Dla nas ową granicą jest hodowanie w warunkach in vitro części ludzkiego ciała. Po analizie przedstawionego materiału dowodowego, stawiam zarzut komórkom macierzystym: wykorzystywanie komórek macierzystych wiąże się w dużym stopniu z problemami etycznymi i nie zawsze jest skuteczne w leczeniu, stwierdzam, że ich hodowla poza ustrojem i stosowanie w medycynie powinno być ograniczone do minimum nie budzącego zastrzeżeń natury moralnej.

Stanowisko adwokata: Dowiedzieliśmy się, że komórki macierzyste mają wyjątkowe właściwości w porównaniu do innych komórek organizmu. Są zdolne zarówno do samoodnawiania własnej populacji, jak i różnicowania się w wyspecjalizowane komórki. Ze względu na te właściwości komórki macierzyste odgrywają kluczową rolę w procesach rozwoju zarodkowego i płodowego, podczas wzrostu organizmu, a także odpowiadają za regenerację tkanek u dorosłych osobników. Podczas rozwoju organizmu dochodzi do stopniowej specjalizacji budujących go komórek, dzięki czemu mogą one pełnić określone funkcje, np. neurony odpowiadają za przenoszenie impulsów nerwowych, a czerwone krwinki za transport tlenu w organizmie. Stopniowej specjalizacji komórek najczęściej towarzyszy ograniczenie lub utrata zdolności do podziałów komórkowych, określana także jako zdolność do proliferacji. O komórkach macierzystych, nawet tych obecnych w dorosłych organizmach, mówi się, że zachowują niezróżnicowany charakter i zdolność do samoodnawiania. Oznacza to, że w wyniku podziałów komórek macierzystych mogą powstać takie same niezróżnicowane komórki, potwierdzeniem tego faktu jest materiał dowodowy przygotowany przez dr Karolinę Archacką – schemat dotyczący właściwości komórek macierzystych w źródle: „Komórki macierzyste część 1 – wprowadzenie", dr Karolina Archacka, w: „Edukacja Biologiczna i Środowiskowa" nr 1(45)/2013, s. 3–7. Następnym argumentem w materiale dowodowym tejże osoby jest zwrócenie uwagi na drugą właściwość komórek macierzystych – ich zdolność do przekształcania się w wyspecjalizowane komórki, określana jako potencjał komórek macierzystych do różnicowania się. Pozwolę sobie przedstawić ryc. 1 z tekstu źródłowego, która dotyczy omawianych zagadnień. Po zapoznaniu się z przedstawionym schematem, można stwierdzić, że zdolność komórek macierzystych do samoodnawiania się jest niezbędna do utrzymania ich puli w organizmie na odpowiednim poziomie. Na zdjęciu A widoczne są kolonie zarodkowych komórek macierzystych powstałe w wyniku ich szybkich podziałów. Dzięki zdolności komórek macierzystych do różnicowania się powstają różne rodzaje wyspecjalizowanych komórek budujących tkanki i narządy organizmu, np. serce (zdjęcie B) czy śledzionę (zdjęcie C).

Zasadnym jest postawienie pytania:

Na czym polega rola komórek macierzystych w dorosłych organizmach?

Odpowiedź można znaleźć w materiale źródłowym wymienionej wcześniej dr Karoliny Archackiej – „Komórki macierzyste część 1 – wprowadzenie" w czasopiśmie „Edukacja Biologiczna i Środowiskowa" nr 1(45)/2013, s. 3–7, czytamy:

> Komórki macierzyste obecne w dorosłych organizmach znajdują się zwykle w tzw. stanie uśpienia, co oznacza, że nie dzielą się i pozostają nieaktywne metabolicznie. Jeśli jednak dana tkanka czy narząd zostaną uszkodzone, komórki macierzyste ulegają aktywacji. Uszkodzenie tkanki lub narządu może być spowodowane czynnikami mechanicznymi, termicznymi, che-micznymi, a także rozwojem choroby. W takiej sytuacji komórki macierzyste rozpoczynają podziały komórkowe, tworząc nowe komórki macierzyste lub przekształcając się w wyspecjali-zowane komórki budujące daną tkankę lub narząd. Dzięki temu uszkodzona tkanka lub narząd mogą zostać stopniowo odbudowane i odzyskać, przynajmniej w części, swoje właściwości. Proces ten określany jest jako regeneracja tkanek/narządów. Odnowienie puli komórek macierzystych zlokalizowanych w danej tkance czy narządzie umożliwia zajście kolejnej rundy regeneracji, jeśli dojdzie do ponownego uszkodzenia lub postępu w rozwoju choroby.

Komórki macierzyste są obecne w wielu tkankach i narządach dorosłych organizmów. U człowieka obecność komórek macierzystych stwierdzono m.in. w mózgu, rogówce oka, szpiku kostnym, mięśniach szkieletowych, jelicie, wątrobie, naskórku oraz tkance tłuszczowej. Jednym z proponowanych sposobów leczenia chorób degeneracyjnych jest transplantacja komórek macierzystych pochodzących z tkanek i narządów dorosłych organizmów. Transplantacja komórek macierzystych jest już z powodzeniem stosowana w leczeniu chorób, np. chorób hematologicznych, takich jak białaczka czy niedokrwistość aplastyczna, którą można wyleczyć przeprowadzając zabieg powszechnie znany jako przeszczep szpiku kostnego. Pamiętajmy, że to właśnie szpik kostny był pierwszym poznanym rezerwuarem komórek macierzystych dorosłych organizmów. Dystrofie mięśniowe, podobnie jak wiele innych chorób degeneracyjnych, pozostają nieuleczalne.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Duże nadzieje wiąże się z możliwością potencjalnego wykorzystania komórek macierzystych w terapii tych chorób. Warto postawić pytanie:

Jakie jest zastosowanie komórek macierzystych dorosłych organizmów w medycynie?

Do chorób tych należą m.in. choroba Parkinsona, cukrzyca, a także wspomniane już dystrofie mięśniowe, które pozostają nieuleczalne. Jednym z proponowanych sposobów leczenia chorób degeneracyjnych jest transplantacja komórek macierzystych pochodzących z tkanek i narządów dorosłych organizmów.

Czy potrafimy sobie wyobrazić świat bez nowotworów, chorób na tle neurologicznym czy wreszcie bez ludzi na wózkach inwalidzkich? Zdaję sobie sprawę, że przy dzisiejszym stanie wiedzy medycznej jest to jeszcze trudne, ale jednak nie niemożliwe. Nauka idzie do przodu i to bardzo dobrze, bo dzięki jej rozwojowi nasz gatunek przetrwał chociażby atak ciągle mutującego wirusa grypy. Właściwości antybiotyków nie bylibyśmy w stanie badać bez testów na zwierzętach, a także na człowieku, a przecież bez odpowiednich antybiotyków niemożliwe byłoby leczenie większości chorób zakaźnych. Teraz nadeszła kolej na komórki macierzyste, są one szansą na uporanie się ludzkości z większością chorób powodujących w dzisiejszych czasach najwięcej zgonów. Jesteśmy zwolennikami poglądu, iż embrion staje się człowiekiem w momencie wykształcenia układu nerwowego i zdolności do wszelkich przejawów odczuwania. Także pobieranie komórek macierzystych we wczesnym stadium embrionalnym, nie jest zabijaniem człowieka na korzyść innego, bo nie można mówić skupisku komórek zarodkowych jako o człowieku. Nie snujmy także planów o klonowaniu człowieka, bo do tak dalekiego postępu jeszcze nie doszliśmy i nie wiadomo czy kiedykolwiek nam się to uda. Co innego, jeśli mowa o poszczególnych organach – komórki macierzyste stwarzają szansę na wyleczenie większości obecnie nieuleczalnych schorzeń. Wyobraźmy sobie, że w przypadku niewydolności nerek pacjenci nie musieliby przechodzić długotrwałych dializ lub latami wyczekiwać na przeszczep. Możliwe byłoby „wyprodukowanie" nerki, która miałaby stuprocentową zgodność tkankową z biorcą. Kwestia banków komórek macierzystych z krwi pępowinowej także jest otwarta, na razie jest to kosztowna forma przechowywania, ale wraz ze wzrostem zainteresowania społeczeństwa, spadnie cena. Być może dożyjemy chwili kiedy ich pobieranie będzie tak naturalne jak wykonywanie badań noworodków po porodzie. Życzymy tego sobie i wszystkim ludziom w jak najbliższej przyszłości.

Stanowisko sędziego: .....

[Sędzia podejmuje niezawisłą decyzję w sprawie hodowania poza ustrojem i wykorzystywania w medycynie komórek macierzystych na podstawie analizy argumentów przedstawionych przez oskarżyciela i obrońcę. Uzasadnia swoje stanowisko i przedstawia możliwą drogę odwoławczą od postanowienia/wyroku].

III. Faza podsumowująca

Nauczyciel podsumowuje zajęcia wracając do opracowanej wspólnie z uczniami na początku lekcji definicji komórek macierzystych. Po zdobyciu przez nich na zajęciach nowych informacji, modyfikują ją wspólnie lub pozostawiają bez zmian, jeżeli nadal uważają, że jest ona słuszna.

Zadanie pracy domowej. Zadaniem ucznia jest odnalezienie, przy wykorzystaniu dowolnego źródła wiarygodnej informacji, i opisanie w zeszycie przedmiotowym wybranego sposobu izolacji i hodowli komórek macierzystych.

Materiały

- Artykuł: Archacka K (2013). macierzyste część 1 – wprowadzenie. *Edukacja Biologiczna i Środowiskowa*, 1(45):3-7. Dostępny na: http://ebis.ibe.edu.pl/index.php?l=english&d=numery&rok=2013&nr=1
- Artykuł: Bauer D, Neska J, Archacka K (2013). Stem Cells. Komórki macierzyste. Część III – komórki macierzyste organizmów dorosłych. *Edukacja Biologiczna i Środowiskowa*, 4(48): 3-10; Dostępny na: http://ebis.ibe.edu.pl/index.php?l=english&d=numery&rok=2013&nr=4
- fragment programu informacyjnego „Fakty": http://www.youtube.com/watch?v=g5j-eBzQpns [dostęp: 11.01.14]

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Załącznik nr 1. Karta pracy ucznia – komórki macierzyste

Zad. 1. W jaki sposób komórki macierzyste mogą być wykorzystane w medycynie?

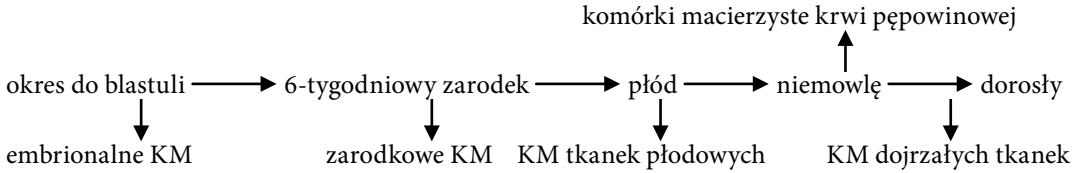
.....

.....

.....

.....

Schemat przedstawiający podział komórek macierzystych ze względu na ich pochodzenie.



Źródło: Postępy higieny i medycyny doświadczalnej, http://www.phmd.pl/fulltxthtml.php?ICID=915330

Zad. 2. Przyporządkuj definicję, do odpowiedniego typu komórek macierzystych.

1 – komórki totipotencjalne – .....
2 – komórki pluripotencjalne – .....
3 – komórki multipotencjalne – .....
4 – komórki unipotencjalne – .....

a) Zdolne do utworzenia wszystkich rodzajów komórek i tkanek budujących organizm, nie tworzą jednak struktur pozazarodkowych.
b) Mogą z nich powstać wszystkie rodzaje komórek i tkanek budujących organizm, a także struktury pozazarodkowe, tj. błony płodowe czy łożysko.
c) Mają najbardziej ograniczony potencjał, przekształcają się tylko w jeden rodzaj wyspecjalizowanych komórek.
d) Zdolne do przekształcania się w różne rodzaje komórek, ale mających wspólne pochodzenie, czyli wywodzące się z jednego listka zarodkowego.

Zad. 3. Wyjaśnij jaka jest rola komórek macierzystych w dorosłych organizmach?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Zad. 4. Analizując ryc. 3 i ryc. 4 z tekstu źródłowego nr 2 wskaż lokalizację występowania komórek u dorosłych organizmów.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

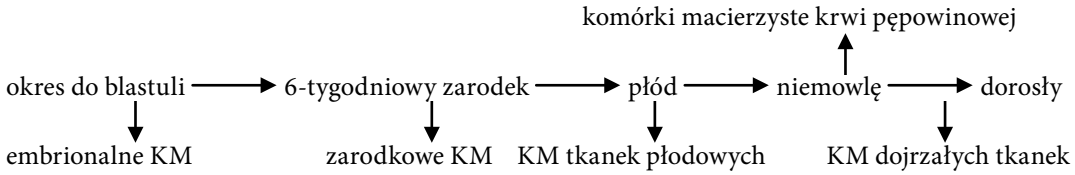
 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Załącznik nr 1. Karta pracy ucznia – komórki macierzyste (odpowiedzi)

Zad. 1. W jaki sposób komórki macierzyste mogą być wykorzystane w medycynie?

Według mnie komórki macierzyste mogą zostać wykorzystane w różny sposób w medycynie. Przede wszystkim znajdują one swoje zastosowanie w medycynie, dzięki zdolności do przekształcania się w różnego rodzaju komórki umożliwiają leczenie wielu chorób np. hematologicznych takich jak białaczka czy niedokrwistości aplastyczna. Mogą pomóc nawet w odbudowie całych organów, przez co tak dużą rolę odnajdują w transplantologii. Ich właściwości często zostają wykorzystane w kosmetologii. Innym przykładem udanego wykorzystania komórek macierzystych w medycynie jest przeszczepianie komórek macierzystych rąbka rogówki, które umożliwia odzyskanie zdolności widzenia. Ponadto mezenchymalne komórki macierzyste (MSC) wykorzystuje się w ortopedii i chirurgii.

Schemat przedstawiający podział komórek macierzystych ze względu na ich pochodzenie.



Źródło: Postępy higieny i medycyny doświadczalnej, http://www.phmd.pl/fulltxthtml.php?ICID=915330

Zad. 2. Przyporządkuj definicję, do odpowiedniego typu komórek macierzystych.

1 – komórki totipotencjalne – b
2 – komórki pluripotencjalne – a
3 – komórki multipotencjalne – d
4 – komórki unipotencjalne – c

a) Zdolne do utworzenia wszystkich rodzajów komórek i tkanek budujących organizm, nie tworzą jednak struktur pozazarodkowych.
b) Mogą z nich powstać wszystkie rodzaje komórek i tkanek budujących organizm, a także struktury pozazarodkowe, tj. błony płodowe czy łożysko.
c) Mają najbardziej ograniczony potencjał, przekształcają się tylko w jeden rodzaj wyspecjalizowanych komórek.
d) Zdolne do przekształcania się w różne rodzaje komórek, ale mających wspólne pochodzenie, czyli wywodzące się z jednego listka zarodkowego.

Zad. 3. Wyjaśnij jaka jest rola komórek macierzystych w dorosłych organizmach?

Uśpione w normalnych warunkach komórki macierzyste ulegają aktywacji kiedy narząd lub tkanka ulegną uszkodzeniu. Rozpoczynają wtedy intensywne procesy podziałowe, w których wyniku powstają komórki zdolne do przekształcania w dane tkanki bądź narządy, umożliwiając ich regenerację.

Zad. 4. Analizując ryc. 3 i ryc. 4 z tekstu źródłowego nr 2 wskaż lokalizację występowania komórek u dorosłych organizmów.

Komórki te występują w wielu tkankach i narządach dorosłych organizmów.

U człowieka obecność komórek macierzystych stwierdzono m.in. w mózgu, rogówce oka, szpiku kostnym, mięśniach szkieletowych, jelicie oraz wątrobie, naskórku, tkance tłuszczowej.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Kwitnienie – zajęcia majowe

Scenariusz

Sebastian Pilichowski

Temat: Majowe zajęcia bez przewodnika. Kwitnienie w zielonogórskim Ogrodzie Botanicznym

Grupa docelowa: uczniowie szkoły podstawowej, gimnazjum

Cel zajęć: przybliżenie uczniom różnorodności roślin w świetle budowy kwiatów i ich strategii zapylania

Czas: 90–120 minut

Rodzaj zajęć: Wycieczka z nauczycielem

mgr Sebastian Pilichowski: Ogród Botaniczny Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydział Nauk Biologicznych, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra 65-392, Botaniczna 50a

Reference to the core curriculum:

Cele ogólne:

- Przyroda. I etap edukacyjny, szkoła podstawowa, edukacja wczesnoszkolna (I-III):
  Wychowanie do rozumienia i poszanowania przyrody ożywionej i nieożywionej.
- Przyroda. II etap edukacyjny, szkoła podstawowa (IV–VI):
  I. Zaciekawienie światem przyrody.
  IV. Poszanowanie przyrody.
  V. Obserwacje, pomiary i doświadczenia.
- Biologia. III etap edukacyjny, gimnazjum:
  I. Znajomość różnorodności biologicznej i podstawowych procesów biologicznych.
  II. Znajomość metodyki badań biologicznych.
  IV. Rozumowanie i argumentacja.

Cele szczegółowe: wg podstawy programowej – treści nauczania:

- **Przyroda.** I etap edukacyjny, szkoła podstawowa, edukacja wczesnoszkolna (I–III).
  6. Edukacja przyrodnicza. Uczeń kończący klasę III:
  1) obserwuje i prowadzi proste doświadczenia przyrodnicze, analizuje je i wiąże przyczynę ze skutkiem,
  2) opisuje życie w wybranych ekosystemach: w lesie, ogrodzie, parku, na łące i w zbiornikach wodnych,
- **Przyroda.** II etap edukacyjny, szkoła podstawowa (IV–VI):
  1. Ja i moje otoczenie. Uczeń:
  6) nazywa zmysły człowieka i wyjaśnia ich rolę w poznawaniu przyrody, stosuje zasady bezpieczeństwa podczas obserwacji przyrodniczych,
  7) podaje przykłady przyrządów ułatwiających obserwację przyrody (lupa, mikroskop, lornetka), opisuje ich zastosowanie, posługuje się nimi podczas prowadzonych obserwacji,
  9) rozpoznaje i nazywa niektóre rośliny (w tym doniczkowe) zawierające substancje trujące lub szkodliwe dla człowieka i podaje zasady postępowania z nimi.
  5. Człowiek a środowisko. Uczeń:
  3) proponuje działania sprzyjające środowisku przyrodniczemu.
- **Biologia.** III etap edukacyjny, gimnazjum:
  III. Systematyka – zasady klasyfikacji, sposoby identyfikacji i przegląd różnorodności organizmów. Uczeń:
  8) obserwuje okazy i porównuje cechy morfologiczne (…) roślin lądowych ((…)okrytozalążkowych), (…),
  11) przedstawia znaczenie poznanych (…)zwierząt w środowisku (…).
  IV. Ekologia. Uczeń:
  7) wykazuje, na wybranym przykładzie, że symbioza (mutualizm) jest wzajemnie korzystna dla obu partnerów.
  V. Budowa i funkcjonowanie organizmu roślinnego na przykładzie rośliny okrytozalążkowej. Uczeń:
  2) identyfikuje (np. na schemacie, fotografii, rysunku lub na podstawie opisu) i opisuje organy rośliny okrytonasiennej (korzeń, pęd, łodyga, liść, kwiat, owoc) oraz przedstawia ich funkcje,
  4) rozróżnia elementy budowy kwiatu (okwiat: działki kielicha i płatki korony oraz słupkowie, pręcikowie) i określa ich rolę w rozmnażaniu płciowym.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Opis: Zajęcia polegają na obejściu Ogrodu Botanicznego wzdłuż wytyczonej trasy. Nauczyciel posiłkując się niniejszym materiałem zwraca uwagę na różnice w budowie kwiatów i zachęca uczniów do odbierania wrażeń florystycznych za pomocą zmysłu węchu. Zalecane jest, aby uczniowie korzystali z lup do obserwacji kwiatów. Uczniowie na polecenie nauczyciela notują nazwy kolejno omawianych roślin oraz wykonują jego polecenia zgodne z instrukcją. Przy badaniu wrażeń zapachowych uczniowie powinni zaznaczać w ujednolicony sposób rośliny, które zrobiły na nich wyjątkowe wrażenie- pozytywne (np. symbolem +), jak i negatywne (np. symbolem -). W punkcie końcowym nauczyciel przeprowadza krótką rozmowę z uczniami badając zbieżność i różnice poglądów w odniesieniu do zapachów. Wówczas wyjaśnia potrzebę zachowania bioróżnorodności zapylaczy i roślin dla wzajemnej dalszej egzystencji. Różnice w doznaniach uczniów odzwierciedlają różnice wśród zapylaczy. Dla jednych zapylaczy, np. muchówek atrakcyjnie przedstawiają się rośliny, które podczas kwitnienia wydzielają zapach przypominający zapach rozkładającego się mięsa. Inne przyciągane są słodko pachnącymi substancjami lotnymi. Z racji nierównego w czasie kwitnienia, niemożliwe są obserwacje wszystkich wymienionych w materiale roślin w trakcie kwitnienia. Jednakże główne punkty wycieczki ułożone są kolejno, stąd nauczyciel szybko zorientuje się, czy odbywa się właśnie kwitnienie. Ponadto może wcześniej osobiście zdecydować, które z roślin chce pokazać uczniom w pierwszej kolejności. Do instrukcji załączone są również rośliny opcjonalne, mogące kwitnąć podczas wycieczki, warte pokazania uczniom. Nauczyciel powinien na koniec zajęć zebrać notatki i ocenić je. Niniejszy przewodnik skupia się na zjawisku kwitnienia, stąd opisy celowo są ograniczone zazwyczaj do charakterystyki kwiatów, by pozwolić uczniom odbierać je zmysłami. W przypadku wybranych roślin dołączone są również pewne ciekawostki, warte opowiedzenia. W przypadku starszych uczniów można przeprowadzić wycieczkę zadaniową, tj. wyposażyć niewielkie zespoły (np. 4 osobowe) w mapy i zlecić samodzielne obejście Ogrodu. Taka opcja zwiedzania testowałaby orientację w terenie uczniów przy użyciu mapy.

Materiał dla nauczyciela: Proponowany scenariusz korzysta z zasobów Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu Zielonogórskiego. Proszę zauważyć, że mimo małej powierzchni i młodego wieku, możliwe jest przeprowadzenie ciekawej lekcji na podstawie wyłącznie wybranych taksonów (gatunków i odmian) roślin, jednego okresu fenologicznego (kwitnienia) oraz w ciągu tylko jednego miesiąca (maj). Podobny schemat zajęć, ich przedstawienie w formie pisanej, jak również organizacyjnej możliwy jest do zaadaptowania względem kolekcji podobnych jednostek w kraju i poza nim.

I. Ogród – krótka charakterystyka

- Adres: Ogród Botaniczny Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra 65-392, Botaniczna 50a
- Strona internetowa: http://ogrod.uz.zgora.pl/pl
- Telefon: 601 902 283
- Adres e-mail: ogrodbotaniczny@wnb.uz.zgora.pl
- Autobusy: przystanek „Technikum Budowlane (214)", linie: 0, 27, 44, 80. Przejazd: bilet jednorazowy nabyty w automacie w autobusie lub na wybranych przystankach, ewentualnie z E-Kartą, wyrabianą w Centrum Obsługi Klienta lub Punktach Obsługi Klienta. Miejski Zakład Komunikacji w Zielonej Górze: http://www.mzk.zgora.pl/Auto-Internet/nowy_rj5/
- Czas otwarcia: w chwili obecnej OB czynny jest od IV–V i IX–X w godzinach 10–18, natomiast w okresie VI–VIII w godzinach 10–20.

Współczesny Ogród Botaniczny Uniwersytetu Zielonogórskiego powstał w 2007 roku. Wartym podkreślenia jest jednak fakt, że jest to ogród w pewnej części rewitalizowany, zbudowany w miejscu poprzedniego Ogrodu z ubiegłego wieku. Niestety, tylko skromna część dawnej kolekcji wchodzi w skład obecnej. Ogród Botaniczny UZ zajmuje niewielką powierzchnię (około 2,5 ha) i podzielony jest na działy:

1. Dział Geograficzny (z dalszym podziałem na rośliny Europy, Azji i Ameryki Północnej oraz na rośliny krajowe).
2. Dział Systematyczny.
3. Dział Roślin Górskich.
4. Dział Roślin Wilgociolubnych.
5. Planowany jest również Dział Roślin Użytkowych.

Z racji młodego wieku krzewy i drzewa nie są jeszcze w dużej mierze okazałe, ale już teraz spełniają swoją edukacyjną i dydaktyczną rolę, stanowiąc bazę dla Wydziału Nauk Biologicznych UZ. Ponadto Ogród jest ostoją spokoju, leżącą w bliskim sąsiedztwie Parku Piastowskiego oraz Lasku Piastowskiego, co korzystnie wpływa na bioróżnorodność fauny Ogrodu.

Z bardziej szczegółową historią Ogrodu Botanicznego UZ można zapoznać się czytając bezpłatną ulotkę, rozdawaną przy wejściu do Ogrodu, jak również artykuł na stronie internetowej OB UZ.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

II. Wycieczka (punkty naniesione na załączonej mapie)

Zajęcia w Ogrodzie można przeprowadzić w dwojaki sposób, opierając się na niniejszym scenariuszu.

1) nauczyciel posiłkujący się scenariuszem staje się przewodnikiem. Wszystkie niżej wymienione punkty wycieczki znajdują się na mapie dołączonej do scenariusza.
2) nauczyciel tworzy zespoły/ grupy uczniów (np. 4 osobowe), zaopatruje je w:
   a) wydrukowane mapy stanowiące załącznik do scenariusza,
   b) karty pracy wytyczające zarazem chronologiczne zwiedzanie punktów w Ogrodzie,
   c) tablicę ze zdjęciami kwiatów badanych roślin

III. Punkt końcowy wycieczki

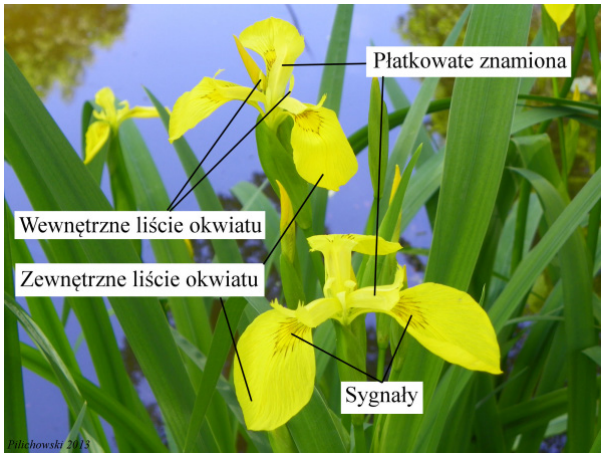
Wigwam i trawnik. Konstrukcja w kształcie wigwamu umożliwia osłonę przed słońcem i wyposażona jest w miejsca do siedzenia. Możliwe jest również zajęcie miejsc na trawniku. W tym punkcie nauczyciel prowadzi rozmowę z uczniami, którzy dzielą się wrażeniami, głównie zapachowymi. Prowadzi to do podobieństw i różnic w poglądach uczniów, a dalej do omówienia roli różnych zapylaczy oraz strategii zapylenia w świecie roślin. Finałem jest zwrócenie uwagi na potrzebę ochrony bioróżnorodności roślin i zwierząt, a przy tym innych organizmów.

Materiał źródłowy: Opisy poszczególnych roślin omawianych podczas wycieczki.

Załącznik nr 1. Opisy poszczególnych roślin omawianych podczas wycieczki

1. Kosaciec żółty (*Iris pseudacorus*)

Dział Roślin Wilgociolubnych



Kosaćce znane są częściej pod nazwą "irysy". Kosaciec żółty to pospolity gatunek w Europie, również w Polsce. Można spotkać go na brzegach wielu stawów i jezior. Tworzy na tyle zwarte i rozrastające się zarośla, że w niektórych częściach świata uznawany jest za gatunek inwazyjny i zwalczany. Z powodu dużej odporności na zanieczyszczenia, używany jest niekiedy do oczyszczania wód obciążonych metalami ciężkimi, które pobiera korzeniami przybyszowymi. Kosaćce posiadają część podziemną zwaną kłączem. Jest to przekształcona łodyga, która rozrastając się zwiększa zasięg występowania rośliny. Jest to drugi, obok transportu nasion z wodą, sposób rozprzestrzeniania się. Kosaćce to byliny, których kłącza zimują, natomiast części nadziemne więdną zimą.

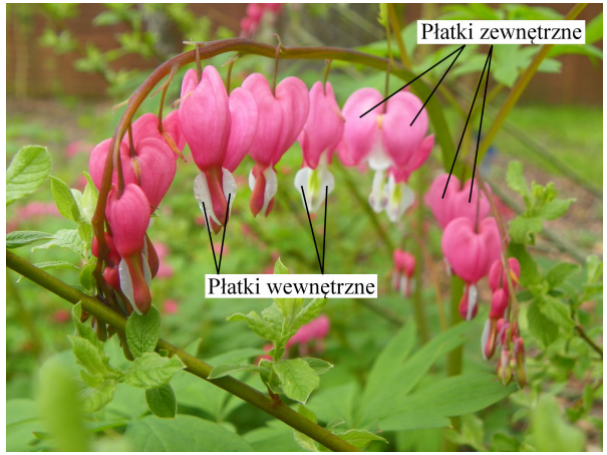
Kosaciec żółty należy do irysów bezbródkowych, tzn. nieposiadających tzw. bródki- charakterystycznej szczotkowej ozdoby biegnącej wzdłuż nerwu głównego zewnętrznych liści okwiatu. Kwiaty kosaćców składają się z trzech zewnętrznych liści okwiatu (z reguły odwiniętych), trzech wewnętrznych (z reguły wzniesionych), trzech płatko-podobnych znamion, pod którymi znajdują się pręciki oraz słupka o jednej szyjce i trójkomorowej zalążni. Ponadto na zewnętrznych liściach okwiatu znajdują się plamki sygnałowe służące do wabienia zapylaczy (głównie pszczołowate).

Zadania uczniów: narysować kwiat, przyjrzeć się kwiatom, powąchać je (tylko gdy kwitną osobniki przy brzegu stawu!).

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

2. Serduszka okazałe (*Lamprocapnos spectabilis*) (do niedawna: *Dicentra spectabilis*)

Dział Roślin Wilgociolubnych



Fantastycznie kwitnąca bylina, pochodząca z Dalekiego Wschodu. Z osi głównej może wyrastać nawet kilkanaście kwiatów. Swym kształtem przypominają serca, a to za sprawą dwóch zewnętrznych płatków korony, zazwyczaj koloru różowego. Dwa kolejne płatki- wewnętrzne- mają kolor biały. Roślina jest lekko trująca, więc nie nadaje się do spożycia. Bez problemu zimuje w gruncie w polskich warunkach klimatycznych. Z rośliną tą związana jest japońska legenda głosząca, iż poszczególne części kwiatu to prezenty, które zakochany chciał podarować pewnej bogatej i pięknej pannie. Za każdym razem przyjmowała podarki, jednakże nigdy nie zaakceptowała jego miłości. Ostatecznie, z żalu, mężczyzna przebił nożem swe serce, a z miejsca, gdzie do tego doszło, wyrosła pierwsza roślina.

Zapylona przez owady roślina wydaje owoc z czarnymi nasionami, zaopatrzonych w elajosom. Elajosom jest strukturą bogatą w tłuszcze i białka. Jego funkcją jest zwabianie mrówek, które zainteresowane elajosomem zbierają nasiona i przyczyniają się do ich rozsiewania.

Zadania uczniów: narysować kwiatostan, powąchać kwiaty.

3. Konwalia majowa (*Convallaria maialis*)

Dział Roślin Górskich

Fot. Christer Johansson

U nas występuje przede wszystkim na niżu, aczkolwiek zasięgiem obejmuje również niższe wysokości rejonów górskich. Konwalia to bylina zimująca w gruncie. Kwitnie od maja do czerwca, a jej czerwone kuliste owoce są trujące (jak i cała roślina). Roślina posiada białe, dzwonkowate kwiaty, zwisające razem na osi głównej. Zapylane są w dużej mierze przez pszczoły a kojarzone z niewinnością, stąd używane symbolicznie np. podczas I Komunii Świętej w Kościele Rzymskokatolickim.

Zadania uczniów: narysować i powąchać kwiaty.

4. Lilak pospolity (*Syringa vulgaris*)

Dział Geograficzny – Rośliny Europy

Pospolity krzew sadzony w ogrodach. Choć zwyczajowo nazywa się go bzem, to bzem nie jest. Pochodzi z Bałkanów, natomiast współcześnie utrzymuje się głównie odmiany hodowlane o rurkowatych kwiatach w różnych barwach, wielkości i niekiedy budowie. Lilaki są owadopylne, wabią zapylaczy kolorem kwiatów, zapachem i nektarem.

Zadania uczniów: powąchać kwiaty różnych odmian lilaków (czy pachną tak samo?), narysować kwiaty.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

5.1. Tawuła van Houtte'a (*Spiraea x vanhouttei*)

Dział Geograficzny – Rośliny Europy

Często spotykany krzew w obsadzeniach terenów zieleni miejskiej. Efektownie kwitnie wieloma drobnymi, białymi kwiatami, zebranymi w kwiatostany. W kwiatach pręciki są krótsze od płatków, co często spotyka się u roślin owadopylnych. Pachnące kwiatostany wabią owady. U okrytonasiennych roślin wiatropylnych, których kwiaty zazwyczaj mają niewielkie płatki lub nie mają ich wcale, pręciki posiadają długie nitki, dzięki czemu pyłek łatwiej jest przenoszony z wiatrem. Tawuła van Houtte'a to mieszaniec pomiędzy tawułami: kantońską (Spiraea cantoniensis) i trójłatkową (Spiraea trilobata).

Zadania uczniów: powąchać kwiaty, rozpoznać pręciki i porównać długość z płatkami, narysować kwiaty, opisać elementy budowy kwiatu i opisać ich funkcje (dotyczy uczniów szkół gimnazjalnych).

5.2. Tawuła norweska (szara) (*Spiraea x cinerea* 'Grefsheim')

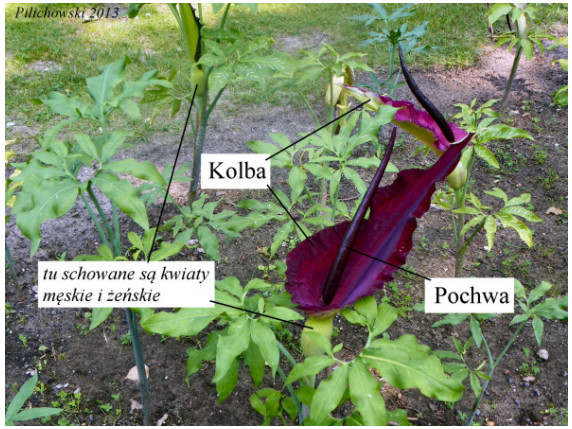
Dział Geograficzny – Rośliny Europy

Często spotykany krzew w obsadzeniach terenów zieleni miejskiej. Efektownie kwitnie wieloma drobnymi, białymi kwiatami, zebranymi w kwiatostany. W kwiatach pręciki są krótsze od płatków, co często spotyka się u roślin owadopylnych. Pachnące kwiatostany wabią owady. U okrytonasiennych roślin wiatropylnych, których kwiaty zazwyczaj mają niewielkie płatki lub nie mają ich wcale, pręciki posiadają długie nitki, dzięki czemu pyłek łatwiej jest przenoszony z wiatrem. Hybryda wyhodowana w Norwegii w XIX wieku.

Zadania uczniów: powąchać kwiaty, rozpoznać pręciki i porównać długość z płatkami, narysować kwiaty, opisać elementy budowy kwiatu i opisać ich funkcje (dotyczy uczniów szkół gimnazjalnych).

6. Drakunkulus zwyczajny (*Dracunculus vulgaris*) – tzw. smocze języki

Dział Geograficzny – Rośliny Europy



Bylina zimująca w gruncie. Pochodzi z Bałkanów i Turcji. Jeden z dwóch gatunków drakunkulusów występujących w Europie. Drugi (drakunkulus kanaryjski) spotkać można na Wyspach Kanaryjskich. Drakunkulus bardzo efektownie wygląda podczas kwitnienia (przy łagodnej zimie i wiośnie zaczyna z końcem maja)- od wewnątrz purpurowa pochwa odsłania jeszcze intensywniejszą kolbę. W jej dolnym odcinku znajdują się kwiaty żeńskie i męskie (powyżej żeńskich). Zapylaczami są przede wszystkim chrząszcze i muchówki przyciągane przez zapach gnijącego mięsa, szczególnie intensywny w ciepłe dni. Smocze języki uważane były niegdyś za roślinę magiczną, zdolną do ochrony przed jadowitymi wężami. Roślina trująca.

Zadania uczniów: narysować kolbę i pochwę, wskazać gdzie znajdują się kwiaty męskie i żeńskie, wyczuć charakterystyczny zapach.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

7. Magnolia purpurowa (*Magnolia liliiflora*)

Dział Systematyczny

Zazwyczaj kojarzymy magnolie z kwitnieniem wczesną wiosną, zanim te ukażą swe liście. Magnolia purpurowa wbrew temu wyobrażeniu, kwitnie w czasie rozwoju liści i/ lub "po liściach", tzn. kwiaty pojawiają się na ulistnionych pędach. Fantastyczny krzew o purpurowych kwiatach. U magnolii nie wyróżniamy płatków korony, mówimy o tepalach. Pochodzi z wschodnich i środkowych Chin, może przemarzać. Z uwagi na późniejsze kwitnienie niż u innych popularnych gatunków, skuteczniej unika niskich temperatur mogących spowodować więdnięcie kwiatów. Owadopylna.

Zadania uczniów: powąchać i narysować kwiaty.

8. Kolkwicja chińska (*Kolkwitzia amabilis*)

Dział Geograficzny – Rośliny Azji

Krzew naturalnie występujący w Chinach, związany ze środowiskiem górskim. Zakwita w maju na różowo rurkowatymi kwiatami o żółtym wzorze na gardzieli. Kwiaty są grzbieciste, o nielicznych pręcikach, zebrane w kwiatostany, w których występują kwiaty zrośnięte parami (zalążniami). Owadopylna.

Zadania uczniów: powąchać kwiaty, narysować je od boku i przodu, następnie zaznaczyć oś symetrii.

9. Abelia mosańska (*Abelia mosanensi*)

Dział Geograficzny – Rośliny Azji

Pochodzi z Półwyspu Koreańskiego. Rozpoczyna kwitnienie z końcem maja. Wówczas roślina ozdobiona jest białymi kwiatami, zebranymi w kwiatostany (do kilkunastu sztuk). Pojedynczy kwiat posiada pięć płatków korony i różowo zabarwione działki kielicha, często pozostające jakiś czas po opadnięciu płatków. Krzew wygląda atrakcyjnie już przed kwitnieniem, dzięki nierozwiniętym pąkom koloru różowego. Roślina owadopylna, zapylana między innymi przez zawisaki (grupa motyli).

Zadania uczniów: powąchać i narysować kwiaty.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

10. Grusza wierzbolistna (*Pyrus salicifolia*)

Dział Geograficzny – Rośliny Azji

„Obiecywać gruszki na wierzbie" – czyli obiecywać coś niemożliwego. Ale czy doprawdy? Nieopatrzony obserwator gruszy wierzbolistnej zostanie zmylony zwisającymi gałęziami i długimi, lancetowatymi liśćmi- do tego stopnia, że prędzej nazwie ją wierzbą niż gruszą. Niemniej, maj to najlepszy czas, by pokonać to złudzenie. Bowiem całe drzewo pokrywa się białymi kwiatami, przypominającymi te u innych grusz, jak również jabłoni, czereśni, wiśni czy śliw, kwitnących wiosną. Natomiast z zapylonych przez owady kwiatów powstaną niewielkie gruszki, o ile nic nie przeszkodzi w rozwoju. I choć nie mają one znaczenia gospodarczego i spożywczego, to późnym latem i jesienią można rzec, że gruszki wyrastają na „wierzbie".

Zadania uczniów: powąchać kwiaty, rozpoznać pręciki i słupek, narysować.

11. Magnolia gwiaździsta (*Magnolia stellata*)

Section: Plants from North America

Magnolia pochodząca z Japonii, introdukowana w Ameryce Północnej, gdzie się zadomowiła. W maju kończy kwitnienie, które rozpoczyna w marcu lub kwietniu. Gęsty, obficie kwitnący na biało krzew. U magnolii nie wyróżniamy płatków korony, mówimy o tepalach. Tych magnolia gwiaździsta może mieć nawet 30 w jednym kwiecie. Owadopylna.

Zadania uczniów: powąchać i narysować kwiaty.

12. Dereń kanadyjski (*Cornus canadensis*)

Dział Geograficzny – Rośliny Ameryki Północnej

Bardzo ciekawy gatunek derenia z uwagi, że jest to jeden z nielicznych dereni nie będących krzewem. Ma budowę płożącą, podczas kwitnienia wielu mimochodem nazywa go poziomką. Dereń kanadyjski poza Kanadą, zajmuje stanowiska m. in. w Alasce i Grenlandii, gdzie tworzy mieszańca z dereniem szwedzkim (Cornus suecica), również płożącym się gatunkiem. Dereń kanadyjski kwitnie niepozornie, jego drobne kwiaty zrastają się razem w główkę a cztery białe „płatki" to w rzeczywistości rozrośnięte łuski pączka kwiatostanowego. Nazywamy je podsadkami. Z pewną dozą dystansu można więc mówić, że derenie to „oszuści", przywabiający zapylaczy do dużych „kwiatów o dużych płatkach". U derenia kanadyjskiego występuje ciekawy mechanizm wyrzutu pyłku. Gdy pojedynczy kwiat otwiera się, pręciki ulegają rozprostowaniu w połączeniu ze skręceniem pylników. Całość odbywa się w czasie mniejszym niż milisekunda. Tak wyrzucony pyłek może trafić na znamię słupka, zostać przeniesione z wiatrem lub owadami. W odniesieniu do zapylaczy jest to na tyle istotne, że pyłek derenia kanadyjskiego nie lepi się jak u większości roślin owadopylnych. Stąd w wyniku siły wyrzutu wczepia się we włoski owadów, które odwiedzając kwiaty pozostawiają pyłek na znamionach słupków innych kwiatów.

Zadania uczniów: narysować kwiatostan zaopatrzony w podsadki, powąchać.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

13. Różaneczniki i azalie (*Rhododendron spp.*)

Dział Systematyczny

Różaneczniki i azalie – krzewy powszechnie uprawiane w wielu odmianach ukazują swą wartość szczególnie w maju. Zakwitają wówczas obficie, a kwiaty w różnych barwach i formach stanowią cudowny akcent ogrodowy i florystyczny. Umowny podział rodzaju Rhododendron na azalie i różaneczniki wiąże się z sezonową trwałością liści. O ile azalie zrzucają je na zimę, o tyle różaneczniki nie- w przypadku niskich temperatur odprowadzają z liści wodę, na skutek czego zwijają się one w rulonik. Zabezpiecza to liść przed zamarzaniem wody komórkowej, a zatem rozsadzeniem komórek przez lód. Warto porządnie nawozić różaneczniki dwa razy do roku- wczesną wiosną oraz latem, gdy rośliny zawiązują pąki kwiatowe na przyszły rok. Kwiaty zapylane są przez owady takie jak m. in. trzemiele.

Zadania uczniów: przejść się gęsiego w jednym kierunku pomiędzy różanecznikami i azaliami. Oglądnąć i powąchać kwiaty różnych odmian i gatunków.

W przypadku większych grup warto zorganizować takie przejście w sposób następujący: jeden nauczyciel staje pośród różaneczników. Uczniowie w grupach po 5-10 osób schodzą ze ścieżki wgłąb kolekcji do nauczyciela i zawracają, idąc przy kolejnych okazach. Nauczyciel drugi zaś wysyła kolejną grupę, po tym jak poprzednia wróci lub wraca. Narysować wybrany kwiat.

14. Głóg jednoszyjkowy (*Crataegus monogyna*)

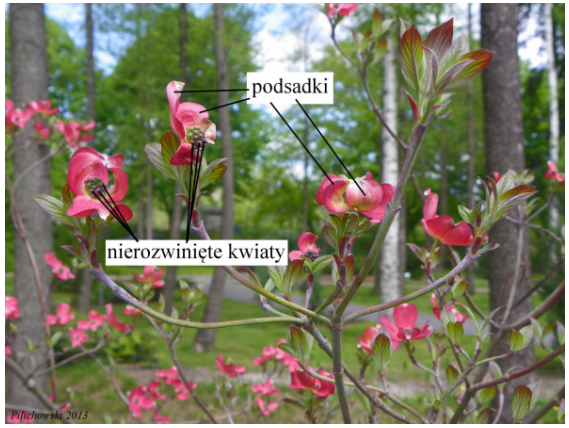
Dział Geograficzny – Rośliny Krajowe

Rodzimy dla Polski gatunek, może dawać pokolenia potomne wraz z dwoma innymi rodzimymi gatunkami, tj. głogiem dwuszyjkowym. (*C. laevigata*) oraz odgiętodziałkowym (*C. rhipodophylla*). Powstałe w ten sposób mieszańce to odpowiednio: głóg pośredni (*C. x media*) oraz głóg nierównozębkowy (*C. x subsphaericea*). Głóg jednoszyjkowy zakwita obficie w maju, kwiaty posiadają białe płatki, liczne pręciki i słupek z jedną szyjką (tylko niekiedy z dwiema). Podobnie jak głóg dwuszyjkowy, jego liście, kwiaty i owoce stosowane są przy leczeniu zaburzeń sercowych (poprawiają przepływ krwi, pobudzają pracę mięśnia sercowego). Głóg jest rośliną owadopylną

Zadania uczniów: nazwać poszczególne elementy kwiatu, powąchać i narysować kwiaty.

15. Dereń kwiecisty (*Cornus florida*)

Dział Geograficzny – Rośliny Ameryki Północnej



Krzew lub niewysokie drzewo pochodzące ze środkowej i wschodniej Ameryki Północnej. Choć ma tendencję do przemarzania, to po odpowiednim zabezpieczeniu na zimę bogato kwitnie. Podobnie jak dereń kanadyjski, dereń kwiecisty to swojego rodzaju „oszust". Atrakcyjne „płatki" stanowią łuski pączka kwiatostanowego, które rozrastają się wokół zebranych w główkę drobnych i niepozornych kwiatów. Łuski te przybierają barwę biało-czerwoną i nazywane są podsadkami. Podsadki te oraz substancje zapachowe przywabiają owady zapylające kwiaty

Zadania uczniów: narysować i powąchać kwiatostan.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

16. Głóg pośredni – „Paul's Scarlet" (*Crataegus x media* „Paul's Scarlet")

Dział Geograficzny – Rośliny Europy

Mieszaniec pomiędzy głogami: jednoszyjkowym (*C. monogyna*) i dwuszyjkowym (*C. laevigata*). Wykazuje cechy pośrednie, ponadto jako odmiana „Paul's Scarlet" charakteryzuje się pełnymi, intensywnie czerwonymi kwiatami, o dwubarwnych płatkach (biel/róż i czerwień) z przewagą czerwieni. Odmiana ta została wyselekcjonowana z innej- „Rubra Plena". Owadopylny, jednak gęste kwiaty mogą utrudniać wnikanie owadów do kwiatów.

Zadania uczniów: nazwać poszczególne elementy kwiatu, powąchać i narysować kwiaty.

17. Barwinek pospolity (*Vinca minor*)

Dział Geograficzny – Rośliny Europy

Kwitnie od kwietnia do maja. Owadopylne kwiaty o niebieskich lub fioletowych pięciu płatkach, pięciu pręcikach i jednym słupku stosowane są w medycynie (również liście), między innymi do obniżania ciśnienia krwi. Roślina trująca. Naturalnie występujące w Polsce barwinki pospolite objęte są częściową ochroną gatunkową.

Zadania uczniów: powąchać i narysować kwiat, nazwać poszczególne elementy budowy kwiatu.

18. Mak wschodni „Brillant" (*Papaver orientale* „Brillant")

Dział Geograficzny – Rośliny Azji

Azjatycki gatunek maku. Spotykany przede wszystkim w ogrodach jako roślina ozdobna, szczególnie pod postacią odmian ozdobnych. Mak wschodni „Brillant" jest całkowicie odporny na mróz na terenie Polski. Ceniona bylina, dość wysoka (około 90 cm wysokości), o dużych efektownych kwiatach, które w wyniku zapylenia przez owady wydają charakterystyczną dla maków makówkę. Ta po dojrzeniu pęka i wysypuje nasiona, zdolne do kiełkowania. Mak wschodni ‚Brillant' charakteryzuje się intensywnie czerwonymi kwiatami.

Zadania uczniów: narysować i powąchać kwiat, opisać elementy budowy kwiatu i opisać ich funkcje (dotyczy uczniów szkół gimnazjalnych).

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Opcjonalne punkty wycieczki

A. Buk zwyczajny (*Fagus sylvatica*), różne odmiany

Dział Geograficzny – Rośliny Europy i Polski

Buk zwyczajny jest rodzimym gatunkiem europejskim, posiadającym swą północno-wschodnią granicę występowania w Polsce. Na terenie kraju warto odwiedzić buczynę pomorską Wolińskiego Parku Narodowego czy buczynę karpacką na południu. Zaś w województwie lubuskim godne polecenia są m. in. Łagowski Park Krajobrazowy czy rezerwat przyrody Bukowa Góra.

Starsze buki posiadają gładką, popielato – srebrzystą korę oraz niekiedy falowany pień. Liście charakteryzują się pewną zmiennością, co dało wyraz w licznych odmianach buka zwyczajnego. Część badaczy wyróżnia na terenie Europy dwa podgatunki: Fagus sylvatica sylvatica oraz Fagus sylvatica orientalis, przy czym inni wydzielają osobno buk zwyczajny i buk wschodni (Fagus orientalis). Buki są jednopienne, tzn. pojedyncze osobniki produkują zarówno narządy rozrodcze męskie i żeńskie. W przypadku buków występują osobno kwiaty zaopatrzone w pręciki (męskie) i słupek (żeńskie). Pierwsze z nich zebrane są z reguły na długiej i zwisającej osi, zaś żeńskie zebrane parami na krótkiej i sztywniejszej osi. Pary te zaopatrzone są dodatkowo w okrywę, która z czasem drewnieje, zamykając dwa rozwijające się nasiona. Gdy nasiona dojrzeją, okrywa otwiera się i uwalnia nasiona. Buki są wiatropylne. Przystosowanie do tej strategii dobrze widać po kwiatach męskich, które zwisając swobodnie wśród niewielkich i młodych liści kołyszą się na wietrze, co ułatwia wysypywanie i przenoszenie wraz z wiatrem pyłku.

Informacja dodatkowa: Na terenie Ogrodu rośnie buk zwyczajny nominatywny oraz jedenaścioro osobników z dziesięciu odmian, ponadto jeden osobnik buka wschodniego, odmiany ‚Iskander'. Wśród wymienionych, część kwitła już i wydawała owoce. Buki te zaznaczone są na mapie symbolem „A.". Możliwe, że podczas zorganizowanej wycieczki uraczą one Państwa swymi kwiatami.

Zadania uczniów: przyjrzeć się kwiatom, rozróżnić kwiaty męskie od żeńskich, narysować i powąchać kwiaty.

B. Fotergilla większa (*Fothergilla major*)

Dział Geograficzny – Rośliny Ameryki Północnej

Efektownie kwitnący krzew o kwiatach pozbawionych płatków i zebranych licznie w kwiatostany. Kwiaty są obupłciowe o ozdobnych pręcikach z grubymi, białymi nitkami; słupki o zalążni zrośniętej z dnem kwiatowym. Roślina odwiedzana i zapylana przez pszczoły.

Zadania uczniów: przyjrzeć się pręcikom, narysować i powąchać kwiaty.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

C. Jesion mannowy (*Fraxinus ornus*)

Dział Geograficzny – Rośliny Europy

Południowoeuropejski gatunek jesionu, o obupłciowych, białych, pachnących i zapylanych przez owady kwiatach. Kwiaty posiadają cztery (rzadziej 2) płatki, dwa pręciki i jeden słupek.

Badania składu chemicznego wykazały zawartość licznych związków o bardzo szerokim zastosowaniu, co potwierdza stosowanie kory w medycynie ludowej. Wśród działań o znaczeniu medycznym należy wymienić: przeciwzapalne, przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe czy pozytywnie wpływające na gojenie się ran.

Zadania uczniów: jeżeli będzie to możliwe, przyjrzeć się kwiatom.

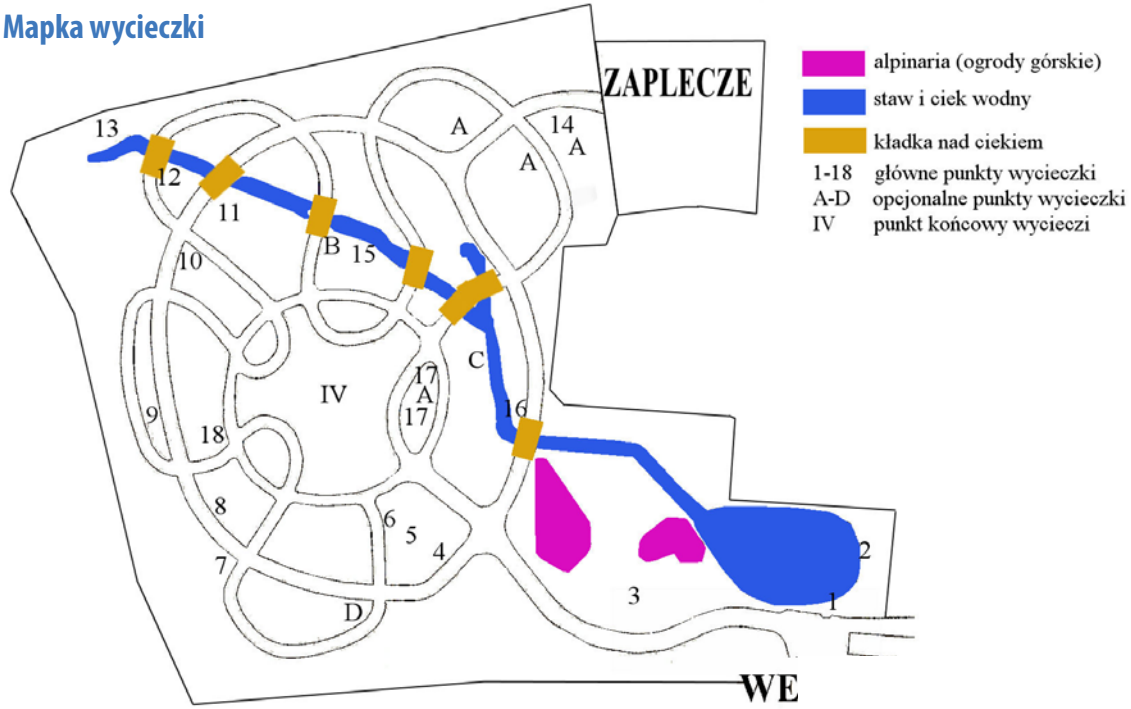
D. Lilak zwisający (*Syringa reflexa*)

Dział Geograficzny – Rośliny Azji

Krzew pochodzący z Chin Przez jednych wydzielany jako osobny gatunek, przez innych jako podgatunek lilaka Komarowa (Syringa komarowii reflexa). Kwitnie nieco później niż lilak pospolity i zdecydowanie rzadziej jest od niego uprawiany. Swoją nazwę bierze od zwisających kwiatostanów o barwie purpuroworóżowej. Podobnie jak lilak pospolity (S. vulgaris) jest owadopylny, wabi kolorem, zapachem i nektarem.

Zadania uczniów: powąchać i narysować kwiaty, następnie porównać wrażenia z zapachami lilaków pospolitych.

Mapka wycieczki



 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Załącznik nr 2. Autorski tekst źródłowy do podsumowania zajęć w ogrodzie

Wigwam i trawnik. Konstrukcja w kształcie wigwamu umożliwia osłonę przed słońcem i wyposażona jest w miejsca do siedzenia. Możliwe jest również zajęcie miejsc na trawniku. W tym punkcie nauczyciel prowadzi rozmowę z uczniami, którzy dzielą się wrażeniami, głównie zapachowymi. Prowadzi to do podobieństw i różnic w poglądach uczniów, a dalej do omówienia roli różnych zapylaczy oraz strategii zapylenia w świecie roślin. Finałem jest zwrócenie uwagi na potrzebę ochrony bioróżnorodności roślin i zwierząt, a przy tym innych organizmów.

W związku z szerokimi strategiami, wymienić można zapach, kolor czy kształt kwiatów lub kwiatostanów jako elementy wabiące zapylaczy. Należy pamiętać przy tym, że zwierzęta te związały się z konkretnymi roślinami na drodze tzw. koewolucji, czyli ewolucji wspólnej. Niekiedy spotkamy niezwykle drastyczne przykłady współzależności, gdzie jeden konkretny gatunek rośliny jest zapylany przez jeden konkretny gatunek zapylacza. Łatwo wyobrazić sobie konsekwencje wyginięcia takiego zwierzęcia. Jednak aby powyższy związek mógł powstać, np. owady odwiedzające kwiat musiały znaleźć z tego jakąś korzyść. Istotnie tak się stało, bowiem roślina produkuje albo masę pyłku, który poza funkcjami rozrodczymi jest bardzo odżywczy, albo wytwarza ona nektar. Ten z kolei żadnej innej funkcji, jak wabiącej nie spełnia. Stąd też wybrane gatunki roślin posiadają odżywczy pyłek lub nektar, gdyż wzbogacanie obu jednocześnie byłoby niezwykle kosztowne. Konsekwencje tych strategii widać doskonale po owadach, wśród których wyższe ewolucyjnie motyle posiadają ssący aparat gębowy, przeznaczony m. in. do picia nektaru, podobnie jak długie dzioby i języki kolibrów (ptaki). Niezależnie od czynnika wabiącego, zwierzę odwiedzające kwiaty obupłciowe lub męskie pokrywa swe ciało pyłkiem lub w inny sposób przenosi pyłek, który w przypadku odwiedzin kwiatów ze słupkami trafia na ich znamiona. Nazywamy to zapyleniem. Następnie, jeśli nic nie stanie na przeszkodzie, dojdzie do zapłodnienia i wytworzenia nasiona/ nasion. A te u okrytonasiennych rozwijają się w owocach. Starszym sposobem zapylania jest jednak wiatropylność, typowa dla roślin nagonasiennych i części okrytonasiennych. Niepozorne kwiaty roślin nagonasiennych o prostej budowie, zaopatrzone są często w długie pręciki, produkujące sporo pyłku. Przystosowaniem dodatkowym, obecnym u pewnej części tych roślin są struktury wspomagające lot pyłku – komory powietrzne. Dla wielu roślin wiatropylnych istotne jest wydawanie kwiatów, zanim pojawią się liście, mogące zatrzymywać pyłek na swojej powierzchni. Z racji, że rośliny wiatropylne nie mają swoich zapylaczy, kwiaty są bezwonne. Należy pamiętać jednak, że człowiek nie posiada czułego węchu i nawet jeśli kwiat pozornie nie pachnie, to może emitować bodźce zapachowe wabiące wybrane owady. Finalnie, nie tylko owady są znanymi zapylaczami, również wiele zwierząt wyższych, a wśród nich ptaki i ssaki.

Powyższe związki zapylaczy i roślin stanowią przykład symbiozy. Za symbiozę, w jej szerokim rozumieniu, odbieramy wybrane układy zarówno antagonistyczne (gdzie przynajmniej jeden element układu szkodzi drugiemu, czerpie z niego korzyści), jak i nieantagonistyczne (żaden element nie szkodzi, ponadto elementy pozostają wobec siebie neutralne lub przynajmniej jeden odbiera pewne korzyści, jednak nie kosztem drugiego). Do układów symbiotycznych zalicza się mutualizm, protokooperację, niekiedy komensalizm, ale również pasożytnictwo. W bardzo okrojonej definicji za symbiozę rozumie się mutualizm. Mutualizm to symbioza ścisła, gdzie partnerzy czerpią wzajemne korzyści ze współżycia, które jest konieczne dla ich istnienia. Protokooperacja przypomina mutualizm, ale współzależność nie jest ścisła, tzn. organizmy znajdujące się w tym układzie mogą swobodnie żyć bez siebie. Komensalizmz kolei to taka zależność, gdzie jeden organizm korzysta, nie czyniąc drugiemu szkody, przy czym ten drugi organizm nie ponosi też wyraźnych korzyści z tej relacji. Z kolei pasożytnictwo to oddziaływanie antagonistyczne, w którym jeden organizm czerpie korzyści kosztem drugiego. Niezwykle ścisłe zależności pomiędzy roślinami kwiatowymi owadopylnymi a ich zapylaczami stanowią przykład mutualizmu.

Z racji zanieczyszczenia środowiska i agresywnej działalności człowieka, powyższe relacje ulegają osłabieniom. Dzieje się tak, gdyż na wybranych terenach mogą zanikać gatunki roślin, których pyłek lub nektar stanowi źródło pokarmu dla odwiedzających je zapylaczy. Z drugiej strony niekontrolowane używanie środków ochrony roślin wpływa szkodliwie na pszczołowate, zatem na owady o często kluczowej roli w zapylaniu licznych gatunków roślin. Zdarza się, że zapylacze „nie nadążają" za przemianami w składzie gatunkowym roślin, w związku z czym efektywność zapylania spada (np. na skutek osuszania wilgotnych łąk, nadmiernego wypasu zwierząt gospodarskich, wypalania łąk czy koszenia ich podczas kwitnienia roślin nektarodajnych). A skoro spada, to mniej nasion powstanie. Następnie mniej nasion zostanie wysianych i mniej roślin potomnych wyrośnie. W skrajnym przypadku prowadzi to do daleko idących przemian w ekosystemie.

Stąd tak bardzo ważna jest świadomość przyrodnicza i działania na rzecz ochrony przyrody. Należy pamiętać, że śmieci, a szczególnie takie jak baterie, pojemniki po chemii gospodarstwa domowego i wiele innych, stanowią element szkodliwy w sensie biologicznym, ale i estetycznym (czy atrakcyjnie wygląda dzikie wysypisko śmieci w lesie?). Nie warto też ścinać i zrywać kwitnących roślin na łące i w innych miejscach, skoro nie

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

wiemy czy nie pozyskujemy raz rośliny chronionej prawej, dwa rzadkiej i istotnej dla miejsca, w której rośnie. Jak to pisała już pani Ewa Mochtak: „Nie można bezmyślnie niszczyć roślin, zwłaszcza na nietrwałe bukiety, które porzuca się na drodze jeszcze przed powrotem do domu.”. Podobnie zbieranie owadów powinno przebiegać zgodnie z prawem, ale i zdrowym rozsądkiem. Grabieżcze pozyskiwanie okazów do kolekcji również wpływa negatywnie na powyższe zależności.

Literatura:

Asanuma L (2009). *Thursday Myths & Legends 101: Bleeding Heart Flower*. Available at: http://hollowtreetales.wordpress.com/2009/08/27/thursday-myths-legends-101-bleeding-heart--flower/. Access: 23.12.2013.

Grabowska B, Kubala T (2010). Byliny w twoim ogrodzie. Zysk i S-ka, Poznań.

Kumar D, Arya V, Ali Bhat Z, Khan NA, Prasad DN (2012). The genus Crataegus: chemical and pharmacological perspectives. *Rev. bras. farmacogn*, 22(5):1187-1200.

Kostova I (2001). Fraxinus ornus L. *Fitoterapia*, 72(5):471-480.

Mochtak E (1989). *Tajemnice ogrodów botanicznych*. IW „Nasza Księgarnia”, Warszawa.

Rutkowski L (2013). *Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej*. 2nd edition. PWN, Warszawa.

Seneta W, Dolatowski J (2011). *Dendrologia*. 4th edition. PWN, Warszawa.

Stevens PF (2013). *Angiosperm Phylogeny Website. Version 13*. University of Missouri, St Louis, and Missouri Botanical Garden. Available at: http://www.mobot.org/MOBOT/Research/APweb/welcome.html. Access: 24.12.2013.

Whitaker DL, Webster LA, Edwards J (2007). The biomechanics of Cornus canadensis stamens are ideal for catapulting pollen vertically. *Functional Ecology*, 21:219-225.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

1. Kosaciec żółty (*Iris pseudacorus*) **Zadania uczniów:** narysować kwiat, przyjrzeć się kwiatom, powąchać je (tylko gdy kwitną osobniki przy brzegu stawu!).	2. Serduszka okazałe (*Lamprocapnos spectabilis*) (do niedawna: *Dicentra spectabilis*) **Zadania uczniów:** narysować kwiatostan, powąchać kwiaty.
3. Konwalia majowa (*Convallaria maialis*) **Zadania uczniów:** narysować i powąchać kwiaty.	4. Lilak pospolity (*Syringa vulgaris*) **Zadania uczniów:** powąchać kwiaty różnych odmian lilaków (czy pachną tak samo?), narysować kwiaty.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

5.1. Tawuła van Houtte'a (*Spiraea x vanhouttei*) **Zadania uczniów:** sniff flowers, identify stamens and compare the length of the petals, draw flowers.	5.2. Tawuła norweska (szara) (*Spiraea x cinerea* 'Grefsheim') **Zadania uczniów:** powąchać kwiaty, rozpoznać pręciki i porównać długość z płatkami, narysować kwiaty, opisać elementy budowy kwiatu i opisać ich funkcje (dotyczy uczniów szkół gimnazjalnych).
6. Drakunkulus zwyczajny (*Dracunculus vulgaris*) – tzw. smocze języki **Zadania uczniów:** narysować kolbę i pochwę, wskazać gdzie znajdują się kwiaty męskie i żeńskie, wyczuć charakterystyczny zapach.	7. Magnolia purpurowa (*Magnolia liliiflora*) **Zadania uczniów:** powąchać i narysować kwiaty.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

8. Kolkwicja chińska (*Kolkwitzia amabilis*) **Zadania uczniów:** powąchać kwiaty, narysować je od boku i przodu, następnie zaznaczyć oś symetrii.	9. Abelia mosańska (*Abelia mosanensi*) **Zadania uczniów:** powąchać i narysować kwiaty.
10. Grusza wierzbolistna (*Pyrus salicifolia*) **Zadania uczniów:** powąchać kwiaty, rozpoznać pręciki i słupek, narysować.	11. Magnolia gwiaździsta (*Magnolia stellata*) **Zadania uczniów:** powąchać i narysować kwiaty.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

12. Dereń kanadyjski (*Cornus canadensis*) **Zadania uczniów:** narysować kwiatostan zaopatrzony w podsadki, powąchać.	13. Różaneczniki i azalie (*Rhododendron spp.*) **Zadania uczniów:** przejść się gęsiego w jednym kierunku pomiędzy różanecznikami i azaliami. Oglądnąć i powąchać kwiaty różnych odmian i gatunków.
14. Głóg jednoszyjkowy (*Crataegus monogyna*) **Zadania uczniów:** nazwać poszczególne elementy kwiatu, powąchać i narysować kwiaty.	15. Dereń kwiecisty (*Cornus florida*) **Zadania uczniów:** narysować i powąchać kwiatostan.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

16. Głóg pośredni – „Paul's Scarlet" (*Crataegus x media* „Paul's Scarlet")	17. Barwinek pospolity (*Vinca minor*)
Zadania uczniów: nazwać poszczególne elementy kwiatu, powąchać i narysować kwiaty.	**Zadania uczniów:** powąchać i narysować kwiat, nazwać poszczególne elementy budowy kwiatu.

18. Mak wschodni „Brillant" (*Papaver orientale* „Brillant")
Zadania uczniów: narysować i powąchać kwiat, opisać elementy budowy kwiatu i opisać ich funkcje (dotyczy uczniów szkół gimnazjalnych).

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

A. Buk zwyczajny (*Fagus sylvatica*), różne odmiany **Zadania uczniów:** przyjrzeć się kwiatom, rozróżnić kwiaty męskie od żeńskich, narysować i powąchać kwiaty.	B. Fotergilla większa (*Fothergilla major*) **Zadania uczniów:** przyjrzeć się pręcikom, narysować i powąchać kwiaty.
C. Jesion mannowy (*Fraxinus ornus*) **Zadania uczniów:** jeżeli będzie to możliwe, przyjrzeć się kwiatom.	D. Lilak zwisający (*Syringa reflexa*) **Zadania uczniów:** powąchać i narysować kwiaty, następnie porównać wrażenia z zapachami lilaków pospolitych.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Nowe zadania

Pracowni Przedmiotów Przyrodniczych

Poniższe zadania przygotowane są przez PPP IBE dla III i IV etapu edukacyjnego. Niektóre z nich skonstruowano na potrzeby badania Laboratorium Myślenia i odtajniono po II jego cyklu. Nigdy wcześniej nie były publikowane. Prezentowane zadania mają silny kontekst praktyczny i poruszają realne problemy, z którymi uczniowie mogą się zetknąć w życiu codziennym.

Więcej o badaniu Laboratorium Myślenia na stronie: **eduentuzjasci.pl/pl/badania.html?id=409**

Autorzy:

BIOLOGIA – autor zadania: Wojciech Grajkowski; autorzy komentarza: Wojciech Grajkowski i Joanna Lilpop

CHEMIA – autor zadania: Marta Laskowska; autor komentarza: Małgorzata Musialik

GEOGRAFIA – autor zadania: Maria Figa; autorzy komentarza: Anna Faliszewska, Jagna Hałaczek, Maciej Lechowicz, Tomasz Nowacki

FIZYKA – autorzy zadania: Maciej Trzebiński, autor komentarza: Joanna Borgensztajn

Zadania powstały w ramach realizowanego przez Instytut Badań Edukacyjnych projektu *Badanie jakości i efektywności edukacji oraz instytucjonalizacja zaplecza badawczego*, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

Biologia
– Doświadczenie w zasięgu ręki

Zadanie

Jeśli jakiś obiekt oglądamy dwojgiem oczu, widzimy go trójwymiarowo, dzięki czemu łatwiej nam określić, jak daleko od nas się znajduje i jak szybko się porusza. Darek chciał się przekonać, czy widzenie trójwymiarowe pomaga w łapaniu przedmiotów. W tym celu zasłonił lewe oko lewą ręką, a prawą podrzucał i łapał piłeczkę. Wykonał 20 powtórzeń i tylko 6 razy udało mu się złapać piłeczkę.

Jaką próbę kontrolną powinien zastosować Darek w swoim doświadczeniu?

- ☐ A. Zasłonić prawą ręką prawe oko i łapać piłeczkę lewą ręką.
- ☐ B. Zasłonić lewą ręką prawe oko i łapać piłeczkę prawą ręką.
- ☒ C. Nie zasłaniać żadnego oka i łapać piłeczkę prawą ręką.
- ☐ D. Nie zasłaniać żadnego oka i łapać piłeczkę oburącz.

Komentarz

Umiejętności związanie z planowaniem i przeprowadzaniem doświadczeń oraz analizą uzyskanych wyników mają charakter ponadprzedmiotowy. Wcielając się w eksperymentatora, uczeń ćwiczy stawianie pytań, formułowanie hipotez, planowanie własnych działań oraz przewidywanie ich wyników, organizację pracy (również w grupie), gromadzenie i przetwarzanie danych, ich krytyczną analizę i wnioskowanie. Są to umiejętności nie tylko wspólne dla przedmiotów przyrodniczych, ale też przydatne w życiu codziennym, ponieważ kształtując „myślenie naukowe", rozwijamy jednocześnie myślenie jako takie.

Doświadczenie opisane w zadaniu nie jest, w ścisłym tego słowa znaczeniu, eksperymentem naukowym, chociażby dlatego, że badana jest tylko jedna osoba. Aby wyciągać ogólne wnioski na temat wpływu obuocznego, trójwymiarowego widzenia na zdolność chwytania podrzucanych przedmiotów, należałoby przebadać co najmniej kilkadziesiąt osób, uwzględniając przy tym m.in. takie czynniki jak prawo- lub leworęczność badanych czy możliwość występowania wad wzroku w jednym bądź obu oczach. Należy zatem przyjąć, że opisano tutaj doświadczenie nie tyle naukowe, co szkolne, którego podstawową zaletą jest łatwość wykonania – można przeprowadzić je bowiem w ciągu dwóch minut, używając jedynie piłeczki czy np. gumki do ścierania (ważne jest jedynie, aby podrzucać przedmiot odpowiednio wysoko, powyżej głowy). Nawet w tak prostym doświadczeniu należy jednak uwzględnić odpowiednią próbę kontrolną, i tę właśnie umiejętność diagnozuje omawiane zadanie.

Aby świadomie wybrać właściwą odpowiedź, należy:

- rozumieć pojęcie próby kontrolnej,
- odnaleźć w tekście informację mówiącą, na jakie pytanie chce odpowiedzieć Darek, przeprowadzając swoje doświadczenie; zostało to określone w drugim zdaniu wstępu – Darek chce sprawdzić, czy widzenie trójwymiarowe (obuoczne) ułatwia łapanie przedmiotów,
- ustalić, że aby odpowiedzieć na to pytanie, Darek musi porównać sytuację, gdy patrzy na piłeczkę obojgiem oczu z sytuacją, gdy patrzy tylko jednym okiem,

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

- pamiętać, że próba kontrolna może różnić się od badawczej tylko pod względem badanego czynnika (liczba odsłoniętych oczu), zaś wszystkie inne czynniki muszą pozostać takie same, a zatem, podobnie jak w próbie badawczej, w próbie kontrolnej należy łapać piłkę jedną ręką i musi być to ręka prawa.

Zadanie rozwiązywało 1839 uczestniczących w badaniu uczniów klas pierwszych szkół ponadgimnazjalnych. Częstość wyboru poszczególnych odpowiedzi przedstawiono w poniższej tabeli (wyniki nie sumują się do 100%, ponieważ część uczniów nie zaznaczyła żadnej odpowiedzi).

Odpowiedź	Procent wyboru [%]
A	21,7%
B	26,2%
C*	37,5%
D	12,5%

Prawidłowa odpowiedź C była najczęściej wybieraną, jednak ponad 60% uczniów nie potrafiło rozwiązać tego zadania. W większości byli to uczniowie słabsi, ponieważ, jak widać na wykresie 1, odsetek właściwych odpowiedzi silnie korelował z ogólnym poziomem ucznia. Zadanie to, chociaż jest dość trudne, pozwala zatem skutecznie różnicować uczniów i dlatego dobrze nadawałoby się na sprawdzian bądź egzamin.

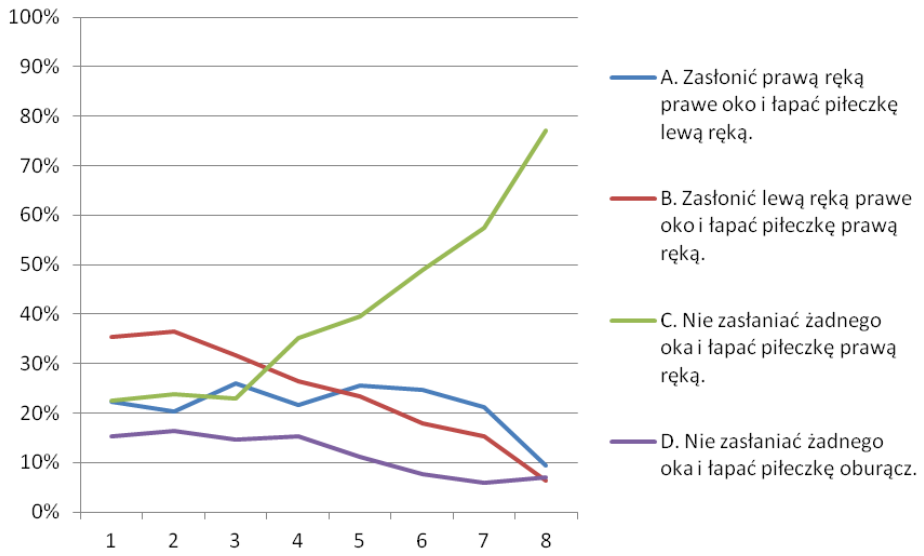
Wbrew pozorom, umiejętności diagnozowane przez to zadanie nie są przydatne wyłącznie dla uczniów, którzy w przyszłości chcieliby zostać naukowcami. Fundamentalna zasada projektowania doświadczeń, mówiąca, że jeśli chcemy ocenić wpływ jakiegoś czynnika, musimy porównać ze sobą sytuacje różniące się wyłącznie tym czynnikiem, obowiązuje także w życiu codziennym. Ludzie często o tym zapominają. Ktoś może stwierdzić na przykład „jeszcze niedawno ciągle chorowałem, ale od kiedy biorę ten preparat, nic mi nie dolega". Ale czy rzeczywiście branie owego preparatu to jedyne, co zmieniło się pomiędzy „jeszcze niedawno", a „teraz"? A co, jeśli na przykład owo „niedawno" było zimą, a „teraz" jest latem? Inny przykład: czy możemy ocenić, który z dwóch piłkarzy jest lepszym napastnikiem, porównując jedynie liczbę goli strzelonych w sezonie? Przecież na liczbę zdobytych bramek mają wpływ nie tylko umiejętności piłkarza, ale też chociażby poziom jego kolegów z drużyny, poziom przeciwników, czy liczba meczów, w których wystąpił.

Raz jeszcze należy zatem podkreślić, że nauczanie metody naukowej ma na celu nie tylko kształcenie przyszłych naukowców, ale przede wszystkim wyposażenie przyszłych obywateli w umiejętności, które pozwolą im krytycznie odnosić się do różnego rodzaju informacji i lepiej rozumieć świat.

Zadanie jest zgodne z poniższymi wymaganiami podstawy programowej dla szkół gimnazjalnych:

Cele kształcenia – wymagania ogólne:

II. Znajomość metodyki badań biologicznych. Uczeń planuje, przeprowadza i dokumentuje obserwacje i proste doświadczenia biologiczne; określa warunki doświadczenia, rozróżnia próbę kontrolną i badawczą.



Wykres 1. Rozkład częstości odpowiedzi wybranych przez uczniów podzielonych na osiem równolicznych grup

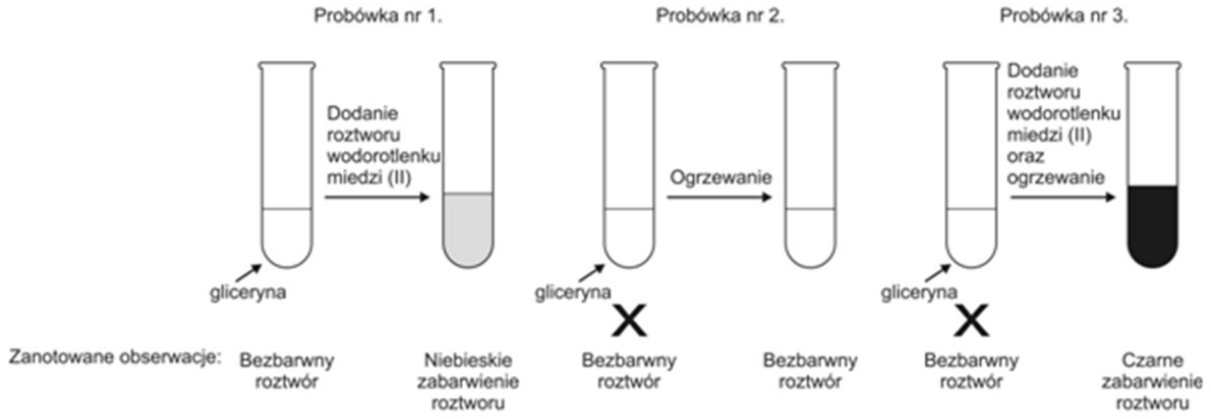
Na osi X zaznaczono poziom ucznia (1 – grupa uczniów, którzy uzyskali najniższe średnie wyniki w całym teście, 8 – grupa o najwyższych wynikach), zaś na osi Y – odsetek uczniów z danej grupy, którzy wybrali daną odpowiedź.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Chemia – Właściwości gliceryny

Zadanie

Na lekcji chemii uczeń przygotował trzy probówki z gliceryną i przeprowadził następujące doświadczenie:



Dla każdego z poniższych stwierdzeń określ, czy jest poprawnym wnioskiem z przedstawionego doświadczenia.

	Stwierdzenia	Czy jest poprawnym wnioskiem?
1.	Gliceryna zawsze reaguje z wodorotlenkami.	☐ Tak / ☒ Nie
2.	Wodorotlenek miedzi(II) ulega reakcji z gliceryną.	☒ Tak / ☐ Nie
3.	Czarne zabarwienie w probówce nr 3. powstało w wyniku ogrzewania gliceryny.	☐ Tak / ☒ Nie

Komentarz

Prezentowane zadanie zostało opracowane w celu zbadania umiejętności wnioskowania na podstawie obserwacji z przeprowadzonego doświadczenia. Jest to jedna z kluczowych umiejętności związanych z metodą naukową, jakie powinien nabyć uczeń w toku nauczania chemii w gimnazjum. We wstępie do zadania przedstawiono schemat eksperymentu odwołującego się do treści nauczania wymienionych w punkcie 9.3 podstawy programowej: *Uczeń (…) bada i opisuje właściwości glicerolu (…).* Na schematach pokazano probówki z substratami użytymi w doświadczeniach oraz obserwacje, w których zanotowano wygląd roztworów przed i po reakcji (jeśli zaszła). Uczniowie nie powinni mieć problemów z odczytywaniem tego typu prostych schematów doświadczeń, zwłaszcza że odwołują się one do podpunktu 3.2 wymagań ogólnych podstawy programowej: *Uczeń projektuje i przeprowadza proste doświadczenia chemiczne.*

Uczeń powinien przeanalizować opis doświadczenia przedstawiony na rysunku, a następnie odpowiedzieć na pytanie, czy na podstawie zanotowanych obserwacji można wyciągnąć wnioski wymienione w tabeli. Pierwsze stwierdzenie dotyczy uogólnienia – uczeń musi zdecydować, czy można wywnioskować, że *gliceryna zawsze reaguje z wodorotlenkami* jedynie na podstawie reakcji gliceryny z roztworem wodorotlenku miedzi(II). Oczywiście odpowiedź brzmi nie – na podstawie reakcji gliceryny tylko z jednym wodorotlenkiem nie można wysnuć takiego wniosku.

Kolejne stwierdzenie dotyczy reakcji $Cu(OH)_2$ z gliceryną – na podstawie zanotowanych obserwacji oraz zmian w probówkach uczeń musi stwierdzić, czy taka reakcja rzeczywiście zachodzi. Na schemacie pokazano 3 probówki: do probówki nr 2, zawierającej bezbarwną glicerynę, nie dodano roztworu $Cu(OH)_2$, a po podgrza-

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

niu gliceryna pozostała bezbarwna; do gliceryny w probówce nr 1 dodano roztwór $Cu(OH)_2$ i zaobserwowano zmianę barwy na niebieską, a więc zaszła reakcja chemiczna; w przypadku probówki nr 3 otrzymano roztwór o czarnym zabarwieniu – uczeń powinien wywnioskować, że najpierw po zmieszaniu gliceryny z $Cu(OH)_2$ powstał niebieski roztwór, a potem, pod wpływem ogrzewania nastąpiła reakcja, w wyniku której powstał czarny osad. Reakcje, które zaszły w probówkach 1 i 3 są potwierdzeniem stwierdzenia 2 – wodorotlenek miedzi(II) ulega reakcji z gliceryną (doświadczenie w probówce nr 2 pełni rolę próby kontrolnej).

W przypadku stwierdzenia 3 uczeń powinien zauważyć, że doświadczenie z probówką nr 2 jest próbą kontrolną dla doświadczenia z probówką nr 3 – jeśli ogrzewanie czystej gliceryny nie prowadzi do powstania roztworu o czarnym zabarwieniu, to ogrzewanie gliceryny nie może być też przyczyną powstania czarnego osadu w probówce nr 3. Ponadto, czarny osad nie mógł też powstać na skutek zmieszania gliceryny z roztworem $Cu(OH)_2$, ponieważ z obserwacji probówki nr 1 wynika, że roztwór powinien być wtedy niebieski.

Zadanie zbadano na grupie 203 uczniów z klas III gimnazjum. Poniżej przedstawiono wyniki, jakie uzyskali uczniowie rozwiązujący to zadanie.

	Stwierdzenia	Czy jest poprawnym wnioskiem?
1.	Gliceryna zawsze reaguje z wodorotlenkami.	Tak 71,4% / Nie **28,1%**
2.	Wodorotlenek miedzi(II) ulega reakcji z gliceryną.	Tak **84,2%** / Nie 15,8%
3.	Czarne zabarwienie w probówce nr 3. powstało w wyniku ogrzewania gliceryny.	Tak 54,2% / Nie **45,3%**

Tabela 1. Rozkład procentowy odpowiedzi uczniów na pytania postawione w poleceniu do zadania (właściwe odpowiedzi zaznaczono niebieskim drukiem)

W sumie całe zadanie poprawnie rozwiązało zaledwie 8,4% uczniów biorących udział w badaniu, a więc zadanie okazało się dla uczniów niezwykle trudne. Uzyskany wynik był niższy nawet od prawdopodobieństwa przypadkowego udzielenia prawidłowej odpowiedzi, wynoszącego 12,5%.

Najsłabsze wyniki uczniowie uzyskali w przypadku stwierdzenia 1 – zaledwie 28% uznało, że nie jest to poprawny wniosek. Niemal trzy czwarte uczniów rozwiązujących to zadanie uznało, że w oparciu o wyniki eksperymentu z pojedynczym wodorotlenkiem można wyciągnąć wniosek dotyczący ogólnej reaktywności gliceryny z wszystkimi wodorotlenkami. Nawet w grupie uczniów, którzy osiągnęli najlepsze wyniki w całym teście, poprawną odpowiedź wskazało niecałe 53% badanych. Przyczyną popełnienia takiego błędu może być sposób realizowania doświadczeń na lekcjach – eksperymenty przeprowadzane w trakcie zajęć są najczęściej ilustracją pewnych ogólnych praw i zjawisk, dlatego też uczniowie mogą mieć tendencję do generalizowania na podstawie pojedynczych doświadczeń. Uczniowie powinni być od początku uczeni, że sformułowanie reguły dotyczącej reaktywności jakiegoś związku często wymaga przeprowadzenia szerokiego spektrum reakcji.

Dużo lepsze wyniki uczniowie uzyskali w przypadku stwierdzenia 2 – ponad 84% poprawnie uznało, że można taki wniosek wysnuć z opisanych w zadaniu doświadczeń. Uczniowie, który wybrali błędną odpowiedź prawdopodobnie nie rozpoznali objawów reakcji w probówkach 1 i 3, choć były one bardzo czytelne, co może świadczyć o poważnych brakach na poziomie podstawowych wiadomości i umiejętności dotyczących rozpoznawania reakcji chemicznych.

W przypadku pytania 3 poprawną odpowiedź wybrało 45,3% uczniów biorących udział w badaniu i tylko w grupie uczniów, którzy uzyskali najwyższe wyniki w całym teście poprawnej odpowiedzi udzieliło 79% badanych. Pozostali mylnie zinterpretowali wyniki doświadczenia w probówce nr 3, gdyż najprawdopodobniej nie zauważyli, że trzeba je porównać z doświadczeniem nr 2, w którym badano wpływ temperatury na czystą glicerynę. Nie można też wykluczyć, że większość uczniów nie potrafiła zidentyfikować substancji, z której powstał czarny osad, ponieważ nie rozumiała, co dokładnie zaszło w trzeciej probówce.

Bardzo niski odsetek uczniów, którzy poprawnie odpowiedzieli na wszystkie trzy pytania sugeruje, że na lekcjach chemii zbyt mało czasu poświęca się na kształtowanie podstawowych umiejętności związanych z metodologią badawczą – poprawnego wyciągania wniosków z zaobserwowanych zjawisk, rozróżniania próby kontrolnej i badawczej, a także analizy wpływu różnych czynników na przebieg doświadczenia. Wyniki badania pokazały także, że nawet najlepsi uczniowie mają tendencję do generalizowania na podstawie pojedynczych doświadczeń i nie wiedzą, kiedy takie wnioskowanie jest uprawnione, a kiedy nie, warto więc rozwiązywać z uczniami więcej zadań, które rozwijają tego typu umiejętności.

Zadanie jest zgodne z następującymi wymaganiami zawartymi w podstawie programowej dla chemii III etapu edukacyjnego:

Cele kształcenia – wymagania ogólne:

II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów.

2.1. Uczeń opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg prostych procesów chemicznych.

III. Opanowanie czynności praktycznych.

3.2. Uczeń projektuje i przeprowadza proste doświadczenia chemiczne.

Treści nauczania – wymagania szczegółowe:

9.3. Pochodne węglowodorów. Substancje o znaczeniu biologicznym. Uczeń (…) bada i opisuje właściwości glicerolu (…).

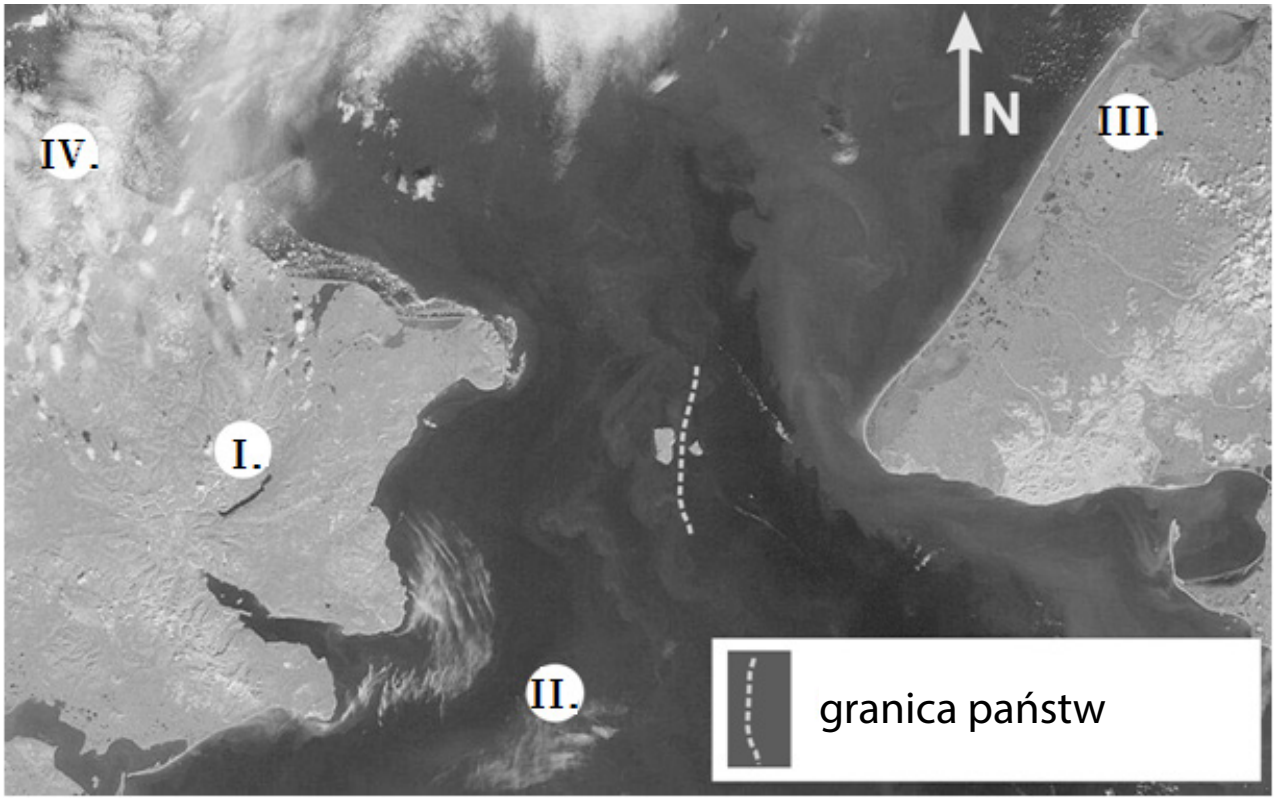
 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Geografia – Wyspy Diomedesa

Prezentowaną wiązkę zadań poświęcono dwóm wyspom na Pacyfiku, ponieważ ich nietypowe położenie – po dwóch stronach linii zmiany daty – może zaciekawić odbiorców, czyli gimnazjalistów.

Informacja do zadań

Mała i Duża Diomeda to dwie niewielkie wyspy. Przedziela je granica między Stanami Zjednoczonymi i Rosją, będąca w tym miejscu międzynarodową linią zmiany daty. Stojąc na jednej z wysp można więc spoglądać nie tylko na inny kraj, ale i na inny dzień („na wczoraj" lub „na jutro").



Mapa 1. Położenie Wysp Diomedesa

Zadanie 1

W poniższym zdaniu zaznacz właściwe słowa tak, aby powstało prawdziwe stwierdzenie.

(1) Na zdjęciu satelitarnym numerem I oznaczono

☒ A. Rosję

☐ B. Stany Zjednoczone Ameryki

(2) a numerem II oznaczono

☐ A. Ocean Atlantycki

☒ B. Ocean Spokojny

Komentarz

Zadanie odnosi się do punktu I wymagań ogólnych podstawy programowej, czyli sprawdza, czy uczeń *potrafi korzystać z różnych źródeł informacji geograficznych (…), map, planów i fotografii (…) w celu gromadzenia, przetwarzania i prezentowania informacji. Wymagania szczegółowe sprawdzane w tym zadaniu to umiejętność czytania, interpretacji i posługiwania się mapami, a w szczególności identyfikowanie położenia obiektów geograficznych na fotografiach, zdjęciach lotniczych i satelitarnych oraz mapach topograficznych* (punkt 1.4).

W czasie lekcji najczęściej korzysta się z map kuli ziemskiej przedstawiających Europę w części centralnej, czyli tej, przez którą przebiega południk 0o. Jednak uczeń powinien również orientować się, jak wygląda „druga strona" kuli ziemskiej, czyli ta, przez którą przebiega południk 180o i częściowo pokrywająca się z nim, międzynarodowa linia zmiany daty.

W związku z umiejscowieniem południka zerowego w centrum mapy świata, uczniowie przyzwyczajeni są do położenia Azji po prawej, a Ameryk po lewej stronie mapy. Zamiast podawać kierunki, określają położenie sformułowaniami „po prawej/lewej stronie"

Zdjęcie wykorzystane w zadaniu zostało wykonane „z tyłu" kuli ziemskiej i dlatego bardzo dobrze sprawdza nie rutynę i przyzwyczajenie w odczytywaniu treści map, a umiejętności odczytywania map.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

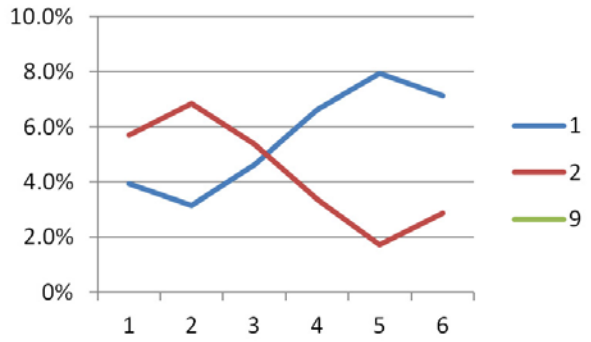
W badaniach pilotażowych okazało się, że ta umiejętność nie jest najlepiej opanowana przez uczniów. Położenie Rosji na półkuli wschodniej poprawnie wskazało niecałe 60% badanych uczniów, a nieco ponad 39% uczniów pomyliło półkule i leżące na nich wielkie państwa. Nie jest to wynik zadowalający, ponieważ wyniósł tylko 10% ponad rozkład losowy. Nie mamy więc pewności, że 60% uczniów rzeczywiście opanowało tę umiejętność.

Analiza wyników daje jeszcze jedną informację. Ta część zadania dość dobrze różnicuje uczniów lepszych i słabych, ponieważ wykres poprawnych odpowiedzi wykazuje się dość dużym nachyleniem . Wyniki rozwiązania tej części zadania prezentuje poniższy wykres. Na osi pionowej zaznaczono odsetek udzielonych odpowiedzi, a na poziomej – grupy uczniów ze względu na wynik uzyskany w całym teście. odpowiedź poprawna oznaczona jest 1, błędna – 2, a 9 to liczba opuszczeń.

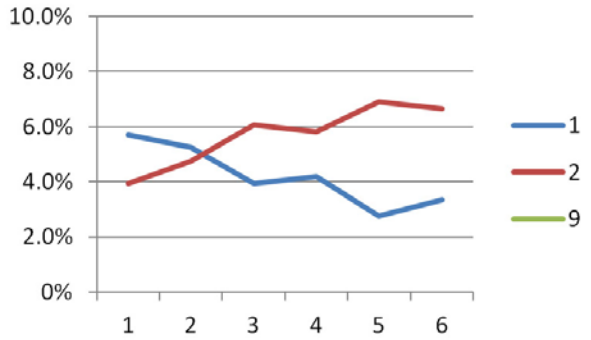
Lokalizacja oceanów na kuli ziemskiej wydaje się jeszcze prostszym zadaniem. Nieco zaskakujący jest więc fakt, że jedynie ponad 58% badanych wskazało poprawnie Ocean Spokojny, a ponad 40% wybrało błędnie Ocean Atlantycki. Taki wybór jest bardziej zaskakujący, niż pomyłka w wierszu (1), ponieważ na przedstawionej fotografii znajduje się tylko jeden spośród wymienionych oceanów, a kraje – obydwa. Ponadto rozmieszczenie kontynentów i oceanów uczeń powinien pamiętać jeszcze z nauki w szkole podstawowej.

Rozwiązania z drugiej części zadania (2) przedstawia drugi wykres. Tak, jak na wykresie dotyczącym wiersza pierwszego, na osi pionowej oznaczono odsetek udzielonych odpowiedzi, a na poziomej – grupy uczniów według poziomów umiejętności.

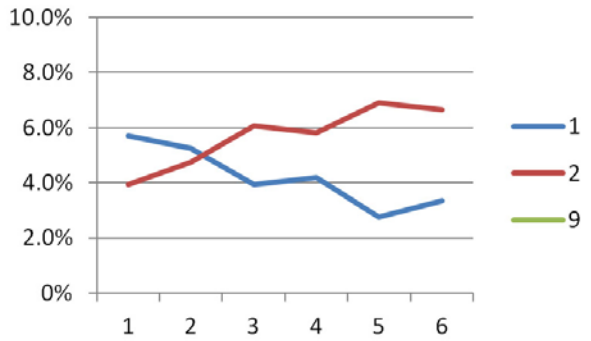
Całe zadanie poprawnie rozwiązało 40% uczniów. Rozkład odpowiedzi w grupach przedstawia poniższy wykres. Oznaczenia są na nim takie same, jak na wykresach dotyczących wyborów w poszczególnych wierszach zadania.



Wykres 1. Wyniki pierwszej części zadania



Wykres 2. Wyniki drugiej części zadania



Wykres 3. Wyniki całego zadania

Być może przyczyną popełnianych przez uczniów błędów jest sporadyczne korzystanie na lekcjach z podobnych materiałów, czyli fotografii satelitarnych. Drugą przyczyną może być wymienione już wcześniej korzystanie z map świata, na których – co zrozumiałe – Europa jest w części centralnej. W końcu więcej zagadnień omawianych na lekcjach geografii w gimnazjum dotyczy naszej półkuli, naszego kraju, a znacznie mniej – obszarów leżących najdalej. Biorąc pod uwagę powyższe zastrzeżenia, zadanie najlepiej przeznaczyć na lekcję powtórzeniową. Nauczyciel będzie miał wtedy okazję do przeanalizowania sposobu myślenia uczniów i dokonania bieżącej korekty błędów.

Zadanie 2

Zaznaczone na zdjęciu satelitarnym punkty III. i IV. leżą na północ od północnego koła podbiegunowego.

W poniższym zdaniu zaznacz właściwe słowa, tak aby powstało prawdziwe stwierdzenie.t.

(1) W czasie Bożego Narodzenia
- ☐ A. w obu punktach Słońce świeci całą dobę,
- ☒ B. w obu punktach jest ciemno całą dobę,

(2) jest to następstwem
- ☐ A. ruchu obrotowego Ziemi.
- ☒ B. ruchu obiegowego Ziemi.

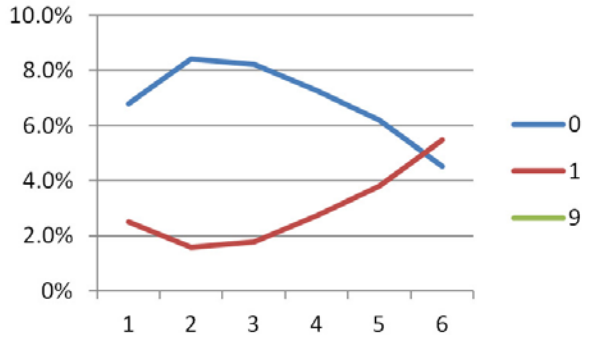
Komentarz

Drugie zadanie wiązki sprawdza, czy uczeń rozumie konsekwencje ruchów Ziemi. Do rozwiązania zadania potrzebna jest również wiedza, jak na długość dnia i nocy w ciągu roku wpływa szerokość geograficzna. Dodatkowo uczeń nie udzieli w sposób świadomy właściwej odpowiedzi, jeśli nie będzie potrafił swobodnie posługiwać się kierunkami geograficznymi. Jeśli rozwiązujący zadanie wie, kiedy i na jakim obszarze wy-

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

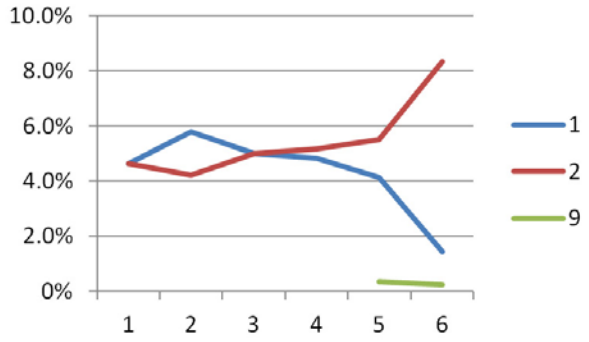
stępują dni i noce polarne, powinien zastosować swoją wiedzę i wybrać właściwe odpowiedzi dla podanego czasu (Boże Narodzenie).

Całe zadanie poprawnie rozwiązało 32% badanych uczniów, mniej trudności sprawiło ono uczniom zdolniejszym, co można prześledzić na poniższym wykresie.



Wykres 4. Wyniki całego zadania

W pierwszej części uczniowie częściej wybierali odpowiedź poprawą, czyli noc polarną (B) – prawie 58% odpowiedzi. Na wykresie możemy zauważyć, że liczba poprawnych odpowiedzi wzrasta wśród najlepszych uczniów. Zatem pierwsza część zadania dobrze różnicuje badaną grupę.



Wykres 5. Wyniki pierwszej części zadania

Druga część zadania (2) sprawiła także sporo problemów, bo tylko niespełna 53% uczniów potwierdziło związek występowania dni i nocy polarnych z ruchem obiegowym Ziemi (B). 46% uczniów łączy zjawisko dni i nocy polarnych z ruchem obrotowym (A). Być może ci uczniowie pamiętali, że skutkiem ruchu obrotowego jest występowanie dnia i nocy, ale nie pamiętali już, że dni i noce polarne pojawiają się z powodu nachylenia osi Ziemi do płaszczyzny orbity, a więc przyczyną ich występowania jest ruch obiegowy.

Biorąc pod uwagę wyniki zadania, również to zadanie wymaga rozwiązywania na lekcji, na przykład przy powtarzaniu zagadnień o ruchach Ziemi.

Zadanie 3

W poniższym zdaniu zaznacz właściwe słowa, tak aby powstało prawdziwe stwierdzenie.

(1) Robiąc powyższe zdjęcie autor znajdował się na:

☒ A. północ od wysp,
☐ B. południe od wysp,
☐ C. wschód od wysp,
☐ D. zachód od wysp,

(2) a więc biegun N miał

☒ A. za plecami.
☐ B. przed sobą.
☐ C. po prawej stronie.
☐ D. po lewej stronie.

Wyspy: Diomeda Mała (po lewej) i Diomeda Duża (po prawej)

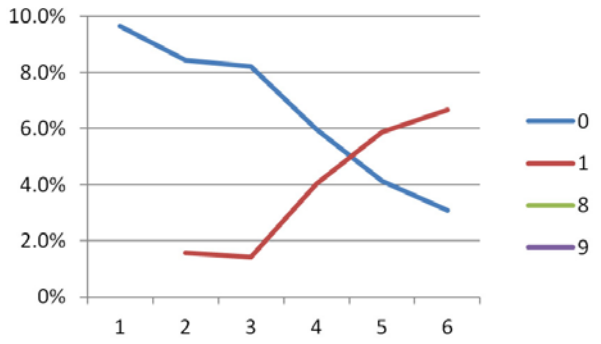
Fot. Dave Cohoe; źródło: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c6/Diomede_Islands_Bering_Sea_Jul_2006.jpg.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Komentarz

Zadanie to, podobnie jak zadanie 1, sprawdza, czy uczeń potrafi korzystać z różnych źródeł informacji geograficznej. Uczeń interpretuje dodatkowy materiał – fotografię wykonaną z poziomu morza. Na jej podstawie powinien zidentyfikować położenie, w którym znajdował się autor fotografii. Zadanie sprawdza umiejętność sprawnego poruszania się w zagadnieniach związanych z kierunkami geograficznymi.

Całe zadanie poprawnie rozwiązało nieco ponad 37% badanych, wyniki ilustruje załączony wykres.



Wykres. 6. Wyniki całego zadania

W pierwszej części zadania najwięcej uczniów wybrało poprawną odpowiedź (A) – około 52% badanych. Ciekawa może być także analiza wyborów pozostałych odpowiedzi. 35% uczniów wybierało odpowiedź przeciwną do poprawnej (B), uczniowie ci prawdopodobnie potrafili wyobrazić sobie, gdzie znajdował się fotograf, jednak nie potrafili prawidłowo wyrazić słowami tego położenia. Wybór odpowiedzi C (5%) lub D (6%) świadczy o losowym rozwiązywaniu zadania.

Analizując wyniki drugiej części zadania można upewnić się, na ile świadomie uczniowie udzielili odpowiedzi w części pierwszej. Grupa uczniów, którzy poprawnie zlokalizowali biegun północny i wybrali odpowiedź A (46%) była jedynie nieznacznie mniej liczna niż grupa uczniów którzy poprawnie rozwiązali pierwszą część zadania. Odpowiedź B wybrało 21% badanych, osoby te prawdopodobnie zauważyły, że na zdjęciu widać cieśninę między wyspami jednak nie udało im się skorzystać z podpowiedzi jaką było umieszczenie na mapie strzałki wskazującej kierunek północny. Odpowiedzi C i D także w tej części zadania wybrało około 12% uczniów. Być może wśród badanych uczniów znaleźli się tacy, którzy mają problemy nie tylko z kierunkami geograficznymi, ale również z ustaleniem kierunków „prawo" i „lewo".

Aby zainteresować uczniów odległymi wyspami, można przeszukać zasoby Internetu w poszukiwaniu ciekawych relacji z podróży, i interesujących dodatkowych informacji, na przykład z geografii politycznej. Jedną z takich wiadomości może być fakt, że odległość około 4 km, w wodzie o temperaturze około 6 °C przepłynęła Amerykanka – Lynne Cox w sierpniu 1987 r. Ten wyczyn zajął jej 2 godziny i 12 minut, ale pływaczka nie miała prawa wyjść na ląd na Wielkiej Diomedzie, w związku z tym wróciła w towarzyszącej jej łodzi, ciesząc się, że pozwolono jej dopłynąć tak daleko. Tę przygodę Lynne Cox opisała w książce „Królowa zimnych wód" wydaną w Polsce przez Świat książki w 2005 r.

Fizyka – Sztuczny satelita

Zadanie

Pewna znana firma posiada 5 satelitów geostacjonarnych. Zarząd uznał za konieczne posiadanie satelity badawczego, który będzie obiegał Ziemię po orbicie kołowej w czasie 12, a nie 24 godzin.

Które ze stwierdzeń na temat dodatkowego satelity wypowiedzianych podczas zebrania Zarządu jest prawdziwe?

- ☐ A. „Dodatkowy satelita powinien krążyć w takiej samej odległości od Ziemi co satelity geostacjonarne, ale z dwukrotnie większą prędkością."
- ☐ B. „Dodatkowy satelita powinien krążyć w takiej samej odległości od Ziemi co satelity geostacjonarne, ale z dwukrotnie mniejszą prędkością."
- ☐ C. „Dodatkowy satelita powinien krążyć w takiej samej odległości od Ziemi co satelity geostacjonarne, ale z czterokrotnie większą prędkością."
- ☒ D. „Dodatkowy satelita nie może krążyć w takiej samej odległości od Ziemi co satelity geostacjonarne."

Komentarz

Ważną grupą satelitów są tzw. satelity geostacjonarne. Krążą one wokół Ziemi pozostając cały czas w tym samym położeniu ponad wybranym punktem na jej powierzchni. Jest to możliwe jedynie na orbicie leżącej w płaszczyźnie równika. Dodatkowo satelita musi obiegać Ziemię w takim samym czasie w jakim obraca się ona wokół własnej osi, to jest w przybliżeniu w ciągu 24 godzin. Ten ostatni warunek narzuca określoną prędkość jaką trzeba nadać satelicie, umieszczając go na danej orbicie. Prędkość zbyt mała spowoduje bowiem

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

stopniowe zbliżanie się satelity do Ziemi, a zbyt duża – oddalanie. W obu przypadkach czas obiegu wokół Ziemi uległ by zmianie.

Prezentowane zadanie sprawdza czy uczniowie szkoły ponadgimnazjalnej rozumieją pojęcie satelity geostacjonarnego, jak rozumieją związek prędkości satelity i promienia orbity oraz jak dobrze radzą sobie z wykorzystaniem tej wiedzy w konkretnych sytuacjach. Fabuła zadania dotyczy dyskusji na temat dodatkowego satelity, potrzebnego pewnej firmie w celach badawczych. W tym przypadku uczeń ma ocenić, które z wypowiedzianych na zebraniu stwierdzeń jest zgodne z prawami fizyki, a zatem jest prawdziwe.

Dodatkowy satelita powinien okrążać Ziemię w ciągu 12 godzin, zatem nie może się znajdować na orbicie o tym samym promieniu, co satelity geostacjonarne. Powód jest prosty: jak wspomniano powyżej, sztuczne satelity Ziemi poruszają się wyłącznie pod wpływem siły grawitacji, a każdej orbicie „przypisana" jest konkretna prędkość. Prędkość ta dana jest wzorem $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$, gdzie G jest stałą grawitacji, M jest masą Ziemi, a R – promieniem orbity (dla orbity geostacjonarnej R = 35 786 km). Wobec tego nie mamy możliwości zmniejszenia lub zwiększenia prędkości obiektów poruszających się bez napędu po konkretnych orbitach.

Część uczniów najwyraźniej nie była świadoma tego faktu. Aż 53% badanych uczniów wybrało opcję A jako odpowiedź prawdziwą. Na odpowiedź tę decydowali się głównie uczniowie uzyskujący słabe wyniki z całości testu. Z pewnością rozumowali oni, że aby uzyskać dwukrotnie krótszy okres obiegu, należy dwukrotnie zwiększyć prędkość satelity, co byłoby prawdziwe wyłącznie w przypadku, gdyby satelita posiadał napęd. Jednak z dość oczywistych przyczyn żaden satelita nie porusza się pod wpływem własnego napędu poza krótkimi momentami służącymi do zmiany orbity.

Opcję D jako właściwą odpowiedź wskazywali głownie uczniowie uzyskujący w całym teście najlepsze wyniki. Łącznie zdecydowało się na tę odpowiedź niemal 26% badanych osób. Co ciekawe, uczniowie uzyskujący przeciętne wyniki decydowali się bądź to na odpowiedź A, bądź na odpowiedź D, rzadko wskazując którąś z pozostałych opcji. Warto również zauważyć, że odpowiedzi B i C były wybierane z prawdopodobieństwem mniejszym niż losowe (około 8% w obydwu przypadkach) i decydowali się na nie głównie najsłabsi uczniowie.

Wyniki badania wskazują jednoznacznie na fakt, że uczniowie mają problem z rozumieniem pojęcia orbity geostacjonarnej oraz z rozumieniem zasady funkcjonowania sztucznych satelitów Ziemi. Ponad połowa z nich ulega fałszywemu przeświadczeniu, że możemy nadać satelicie dowolną prędkość, niezależnie od promienia orbity na jakiej satelita został umieszczony.

Zadanie jest zgodne z następującymi wymaganiami zawartymi w podstawie programowej dla fizyki III etapu edukacyjnego:

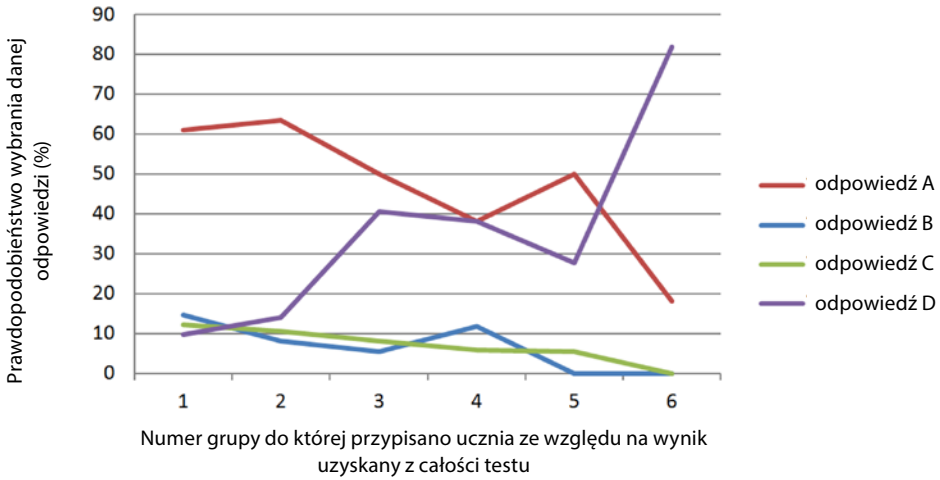
Wymagania ogólne:

I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk (...).

Wymagania szczegółowe:

1. Grawitacja i elementy astronomii.

6) posługuje się pojęciem (...) satelity geostacjonarnego; opisuje ruch sztucznych satelitów wokół Ziemi (jakościowo), (...);



Wykres 1. Rozkład prawdopodobieństwa wybrania jednej odpowiedzi spośród czterech propozycji

Do grupy pierwszej przypisani zostali uczniowie, którzy uzyskali najniższe wyniki z całości testu, do grupy szóstej – uczniowie, którzy uzyskali najlepsze wyniki.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

wersja PL
wersją referencyjną jest wersja EN

Recenzja książki

Education for sustainable development: theory – practice – research

Ilona Żeber-Dzikowska

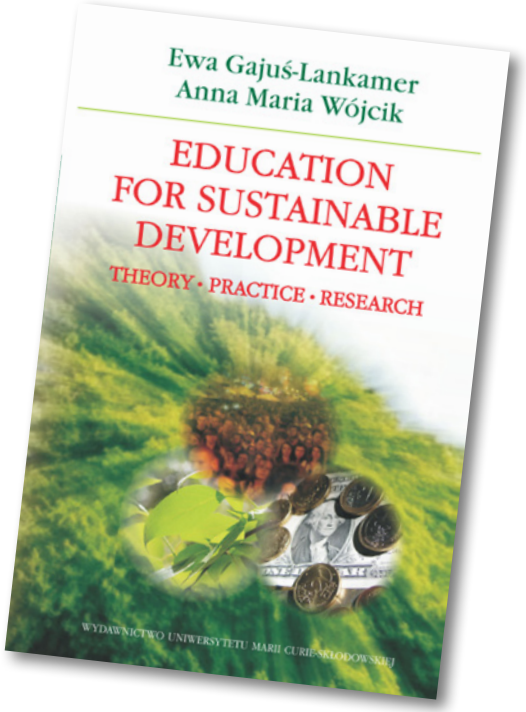
Książka autorstwa Ewy Gajuś-Lankamer i Anny Wójcik jest wartościową pracą dotyczącą edukacji dla zrównoważonego rozwoju w kontekście teorii, praktyki oraz badań. Stanowi ona pomocne źródło informacji w pracy naukoweji dydaktycznej.

Publikacja ta jest odpowiedzią na zadania szkół wyższych wynikające ze Strategii Edukacji dla Zrównoważonego Rozwoju ONZ. Zgodnie z jej zaleceniami popularyzuje ona wyniki badań w różnych obszarach edukacji dla zrównoważonego rozwoju. Pozwala także na podzielenie się doświadczeniami polskiej szkoły wyższej na arenie międzynarodowej. Książka adresowana jest do szerokiego grona osób zainteresowanych jej problematyką działających w obszarze edukacji formalnej i nieformalnej.

Ponadto umożliwia zapoznanie się (1) z uzyskanymi wynikami i wnioskami oraz proponowanymi postulatami Autorek, (2) z zaangażowaniem środowiska naukowego w realizację zapisów Dekady Edukacji dla Zrównoważonego Rozwoju 2005–2014 oraz (3) z dalszą przyszłością realizacji powyższej problematyki.

Przygotowana publikacja jest wartościową pozycją, która ukazuje wspieranie dążeń promujących zrównoważony rozwój społeczny, gospodarczy i ekologiczny, wzmacniając proces kształtowania społeczeństwa.

Społeczeństwa w procesie globalizacji powinny się charakteryzować wysoką aktywnością społeczną, proekologiczną, a także samorządnością i zdolnością do



Ewa Gajuś-Lankamer, Anna Maria Wójcik

Education for sustainable development: theory – practice – research

po polsku: „Edukacja dla zrównoważonego rozwoju: teoria – praktyka – badania

Uniwersytety of Maria Curie-Skłodowska Publishing House, Lublin 2013, pp. 138

współpracy dla dobra wspólnoty. W Polsce zjawisko budowania takiego społeczeństwa wymaga stymulacji. Istnieje potrzeba podejmowania inicjatyw i odpowiedzialności obywatelskiej, przekładającej się na współdecydowanie o funkcjonowaniu rzeczywistej edukacji, a także w sferze relacji człowiek – środowisko.

Działania prowadzone od lat na rzecz podwyższenia świadomości ekologicznej społeczeństwa przynoszą efekt, jednak poziom tej świadomości trudno uznać dzisiaj za wystarczający. Szkoły wszystkich stopni i placówki oświatowe realizują edukację środowiskową w sposób formalny. Jej niezbędnym uzupełnieniem jest edukacja nieformalna, niosąca wiedzę, której przenikanie do świadomości społecznej skutkuje zmianą niewłaściwych postaw i wartości na rzecz nawyków i postaw proekologicznych.

Książka składa się z wprowadzenia – wstępu, zakończenia i następujących rozdziałów oraz podrozdziałów:

- Edukacja dla zrównoważonego rozwoju w teorii i praktyce;
  - Międzynarodowe rekomendacje dla edukacji na rzecz zrównoważonego rozwoju;
  - Edukacja dla zrównoważonego rozwoju w kształceniu formalnym;
  - Edukacja dla zrównoważonego rozwoju w kształceniu nieformalnym;
  - Edukacja dla zrównoważonego rozwoju w praktyce;
- Edukacja dla zrównoważonego rozwoju w badaniach własnych;
  - Metodologia, organizacja i przebieg badań;
  - Wyniki badań;
  - Dyskusja i wnioski;
- Edukacja dla zrównoważonego rozwoju w studiach przypadków;
  - Działania na rzecz zrównoważonego rozwoju w dokumentach polskich i międzynarodowych;
  - Edukacja dla zrównoważonego rozwoju na studiach biologicznych;
  - Rozwój zrównoważony w kampaniach promocyjnych przedsiębiorstw;
  - Świadomość ekologiczna w Polsce w latach 2000–2010.

W pierwszym rozdziale zatytułowanym „Education for sustainable development in theory and practice”

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

zamieszczono rozważania na temat kształtowania się pojęcia rozwój zrównoważony wraz z jego obecnym, zintegrowanym znaczeniem uwzględniającym aspekt środowiskowy, gospodarczy i społeczny. Dużo miejsca poświęcono w nim krajowym i międzynarodowym rekomendacjom, które nadają kierunek i wyznaczają cele edukacji formalnej i nieformalnej w Polsce. Przytoczono wyniki badań własnych na temat obecności tematyki zrównoważonego rozwoju w narodowym systemie edukacyjnym oraz kompetencji polskich nauczycieli do prowadzenia edukacji dla zrównoważonego rozwoju. Ukazano je na tle wyników innych badań i najnowszych ekspertyz opracowanych na zlecenie Ministerstwa Środowiska. Obszerną część rozdziału stanowi prezentacja rozwiązań dydaktycznych zalecanych do kształcenia dla zrównoważonego rozwoju, będąca w dużej mierze wynikiem wieloletniej pracy naukowo-dydaktycznej Autorek w szkole wyższej. Zgodnie ze wskazaniami założeń Dekady w książce upowszechniono również dobre praktyki w zakresie najefektywniejszych metod nauczania – uczenia się na rzecz zrównoważonego rozwoju.

Drugi rozdział („Education for sustainable development in own research") przedstawia badania prowadzone w celu określenia wiedzy studentów kierunku biologia – przyszłych nauczycieli na temat zrównoważonego rozwoju. Zawiera również opis badań eksperymentalnych nad efektywnością autorskiego kursu przygotowującego studentów biologii Uniwersytetu Marii Curie Skłodowskiej w Lublinie do funkcji edukatora zrównoważonego rozwoju.

W rozdziale trzecim, zatytułowanym „Education for sustainable development in case studies", zaprezentowano wybór działań podejmowanych w Polsce i na świecie w dziedzinie wdrażania zrównoważonego rozwoju w aspekcie środowiskowym, gospodarczym i społecznym. Ich opisy rozszerzają i ilustrują omawiane w książce zagadnienia, takie jak:

- krajowe i międzynarodowe działania na rzecz zrównoważonego rozwoju w dokumentach w Polsce i na świecie,
- kształcenie na rzecz zrównoważonego rozwoju w szkole wyższej,
- edukacja nieformalna na rzecz ochrony środowiska i zrównoważonego rozwoju w działaniach promocyjnych przedsiębiorstw,
- zmiany świadomości ekologicznej Polaków na przestrzeni dziesięciu lat.

Postawione w studiach przypadków pytania dają okazję do pogłębienia wiedzy, oceny opisanych zjawisk i refleksji nad własnym zaangażowaniem w proces przekształcania idei zrównoważonego rozwoju w realną rzeczywistość.

Warto podkreślić, że tematyka kolejnych rozdziałów i podrozdziałów obejmuje logicznie ustanowiony porządek zagadnień, niezbędnych do edukacji dla zrównoważonego rozwoju w szkolnictwie wyższym, jak i kształcenia nauczycieli oraz do propagowania międzynarodowej promocji działań Dekady Edukacji dla Zrównoważonego Rozwoju. Począwszy od treści związanych z programami międzynarodowymi, prawodawstwem Unii Europejskiej i przepisami krajowymi, kończąc na zagadnieniach szczegółowych, odzwierciedlających główne obszary upowszechniania zrównoważonych zachowań oraz pobudzanie do krytycznego i twórczego myślenia, które umożliwi znalezienie rozwiązań problemów utrudniających rozwój zrównoważony świata poprzez działalność ludzką w stosunku do środowiska. Zawartość publikacji pozwala nie tylko na poszerzenie wiedzy teoretycznej, lecz także wskazuje metody przeniesienia teorii na praktykę dnia codziennego.

Książka powinna zostać dostrzeżona przez szersze grono odbiorców, jako szansa na znaczne poprawienie kompetencji wielu organów odpowiedzialnych za rozwój oraz implementację lokalnych programów środowiskowych, w tym edukację srodowiskową i zrównoważony rozwój. Warto dodać, że publikacja ta zasługuje na wysoką ocenę, ze względu na rzetelne wartości merytoryczne, a także uwypuklenie aspektów praktycznych, niezbędnych w przygotowaniu człowieka do odpowiedzialnego, świadomego i refleksyjnego funkcjonowania w zmieniającym się świecie. Autorki podkreślają, że zadaniem edukacji i szkoły nie jest tworzenie współczesnego nieetycznego producenta i nienasyconego konsumenta, który poddaje się wyrafinowanym naciskom marketingowym. Istotnym obecnie warunkiem edukacji jest nasycenie jej wiedzą refleksyjną, krytyczną, interpretacyjną, prowadząca ku mądrości edukacji ekologicznej w powiązaniu z zrównoważonym rozwojem.

Publikacja ma zasięg międzynarodowy, ponieważ została wydana w języku angielskim.

Warto nadmienić, że Autorki są nauczycielami akademickimi w Pracowni Dydaktyki Biologii i Edukacji Środowiskowej UMCS w Lublinie. Posiadają wieloletni staż i szeroką wiedzę z prezentowanego zakresu.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Nowości ze świata nauki

Informacje przygotowali specjaliści z Pracowni Przedmiotów Przyrodniczych Instytutu Badań Edukacyjnych

Czarodziejska chemia grzybów

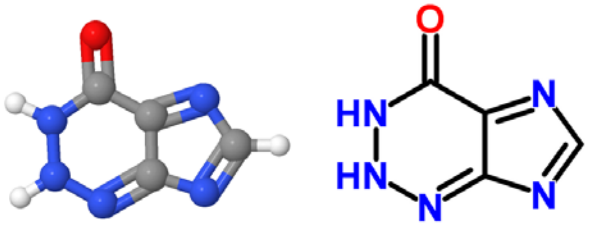
W styczniowym numerze *Angewandte Chemie* [1] oraz *Nature* [2] pojawiły się doniesienia o wyizolowaniu cząsteczek dwóch „czarodziejskich substancji" (ang. *fairy chemicals*) z tkanek roślin wyższych.

Obie substancje znane były wcześniej naukowcom od 2010 roku jako czynniki odpowiedzialne za tworzenie przez owocniki grzybów tak zwanych czarcich kół w trawach i ściółce leśnej (ryc. 1).

Pierwszy artykuł naukowy dotyczące zjawiska tworzenia się tak zwanych czarodziejskich kręgów przez grzyby pojawił się w 1675 r. [5]. Do tego czasu wierzono, że jest to efekt działania czarodziejek lub innych sił nadprzyrodzonych. W 2010 roku naukowcy z Uniwersytetu Shizuoka w Japonii ogłosili, że jedną z tych „czarodziejek" jest w istocie substancja chemiczna o nazwie 2-azahipoksantyna (AHX) [6], której wzór oraz model kulkowo-pręcikowy pokazano na ryc. 2. Substancja wyizolowano z grzyba *Lepista sordida*. Co ciekawe, wykazano następnie że substancja wyizolowana z grzybów, dodana do kiełkujących nasion wpływała na pobudzenie wzrostu roślin użytkowych, między innymi ryżu, pszenicy, a także innych traw (ryc.3).

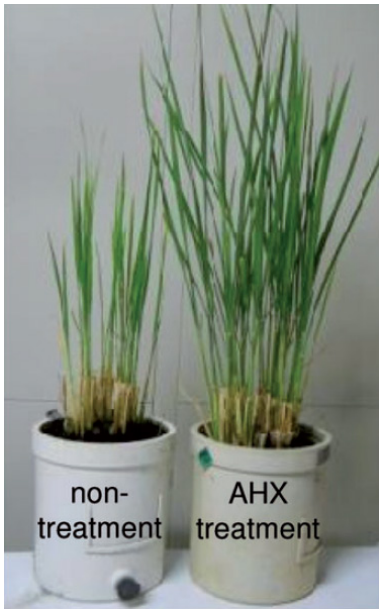
Pomimo, że rośliny wyższe, a tym bardziej glony nie tworzą czarcich kół, naukowcom udało się wyizolować AHX oraz jego metabolit między innymi z ryżu, w rzodkiewnika, ziemniaka, pomidora, eukaliptusa

Ryc. 1. Przykładowe zdjęcia czarcich kół [3], [4].



Ryc. 2. Model kulkowo-pręcikowy (z lewej) oraz wzór szkieletowy cząsteczki 2-azahipoksantyny (AHX)

Aby obejrzeć strukturę w przestrzeni kliknij w link [7].



Ryc. 3. Ryż hodowany w glebie bez dodatku AHX (z lewej) i hodowany w glebie podlewanej roztworem AHX o stężeniu 5μmoli/dm^3 (z prawej) [1].

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

czy chlorelli, które nie były hodowane w obecności tych substancji. Oznaczone stężenia ASX były podobne do stężeń hormonów roślinnych takich jak na przykład odpowiedzialnych za wzrost i rozwój roślin strigolaktonów, czy roślinnych steroidów – brassidosteroidów. W kolejnych etapach badań naukowcy z Japonii postawili hipotezę, że rośliny syntetyzują AHX w toku przemian biochemicznych analogicznych do tych, które stosowane są w czasie laboratoryjnego otrzymywania 2-azahipoksantyny. W toku szczegółowych laboratoryjnych badań analitycznych potwierdzili oni słuszność postawionej hipotezy.

Niewykluczone, że w przyszłości możliwe będzie praktyczne wykorzystanie AHX oraz jego metabolitu do pobudzania wzrostu roślin hodowlanych [1].

Marcin M. Chrzanowski, PPP IBE

References:

[1] Choi JH, Ohnishi T, Yamakawa Y, Takeda S, Sekiguchi S, Maruyama W, Yamashita K, Suzuki T, Morita A, Ikka T, Motohashi R, Kiriiwa Y, Tobina H, Asai T, Tokuyama S, Hirai H, Yasuda N, Noguchi K, Asakawa T, Sugiyama S, Kan T, Kawagishi H (2014). The Source of "Fairy Rings": 2-Azahypoxanthine and its Metabolite Found in a Novel Purine Metabolic Pathway in Plants, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 53:1-5.

[2] Mitchinson A (2014), Fairy chemicals, *Nature (research and views)*, 98:505.

[3] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d7/Fairy_ring%5E_-_geograph.org.uk_-_573051.jpg

[4] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/96/Fairy_ring_on_a_suburban_lawn_100_1851.jpg

[5] Hutton Ch, Shaw G, Pearson R (1975), *The Philosophical Transactions Of The Royal Society Of London, From Their Commencement, In 1665, To The Year 1800; With Notes And Biographic Illustrations, from 1672 to 1683*, Vol. II., 225.

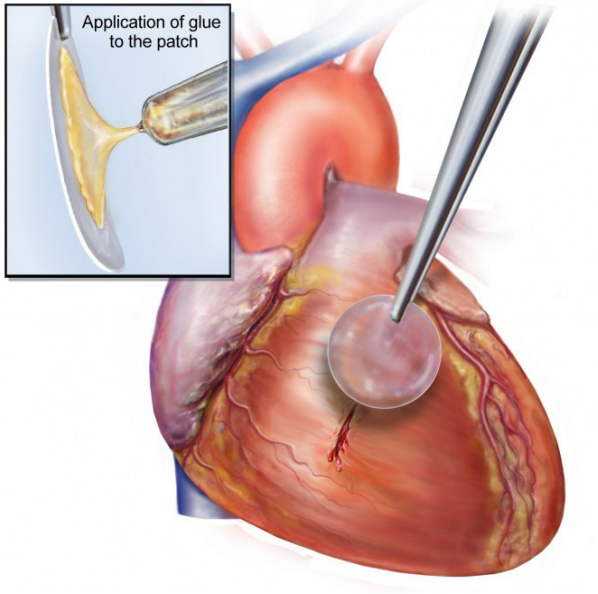
[6] Choi JH, Fushimi K, Abe N, Tanaka H, Maeda S, Morita A, Hara M, Motohashi R, Matsunaga J, Eguchi Y, Ishigaki N, Hashizume D, Koshino H, Kawagishi H (2010). Disclosure of the "Fairy" of Fairy-Ring-Forming Fungus Lepista sordida, *ChemBioChem A European Journal of Chemical Biology*, 11:1373-1377.

[7] http://www.chemspider.com/ImageView.aspx?mode=3d&id=70758

Nowy sposób leczenia wad serca

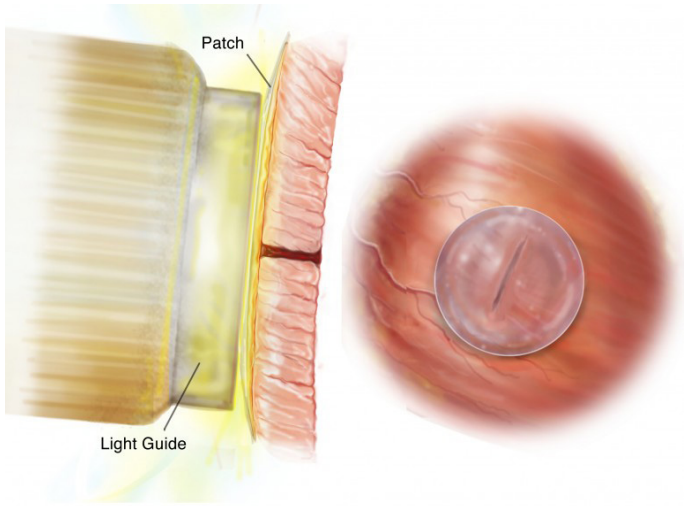
Badacze z Boston Children's Hospital, Massachusetts Institute of Technology (MIT) oraz Brigham and Women's Hospital opracowali nowy superklej chirurgiczny – hydrofobowy klej aktywowany światłem (*hydrophobic light-activated adhesive*, HLAA). Nowy klej jest na tyle silny i elastyczny, że potrafi uszczelnić tkanki bijącego serca (Lang i wsp., 2014).

Wiele noworodków rodzi się z wadami serca, takimi jak ubytek w przegrodzie międzyprzedsionkowej (ang. *atrial septal defect*, ASD, nazywany też otworem w sercu), które muszą być leczone operacyjnie. Niestety ten rodzaj interwencji medycznych jest trudny do przeprowadzenia, ponieważ szwy i zszywki chirurgiczne mogą uszkadzać delikatną tkankę serca, a nakładanie szwów jest czasochłonne. Zastąpienie szwów i zszywek przez szybko działające, biodegradowalne kleje uczyniłoby te zabiegi kardiochirurgiczne szybszymi, bezpieczniejszymi, mniej inwazyjnymi i pomogłoby ograniczyć zarówno komplikacje pooperacyjne, jak i czas rekonwalescencji. Jednakże istniejące, klinicznie zatwierdzone kleje chirurgiczne mają szereg wad, m.in. nie wiążą się wystarczająco silnie z tkankami w wilgotnym i dynamicznie zmieniającym się środowisku w organizmie, a niektóre z nich mogą być również toksyczne, przez



Ryc. 1. Nakładanie łaty pokrytej HLAA na otwór w sercu

Źródło: http://www.gizmag.com/heart-hole-glue-hlaa/30414/pictures#2



Ryc. 2. Klej zastyga w ciągu 5 sekund pod wpływem światła ultrafioletowego

Źródło: http://www.gizmag.com/heart-hole-glue-hlaa/30414/pictures#2

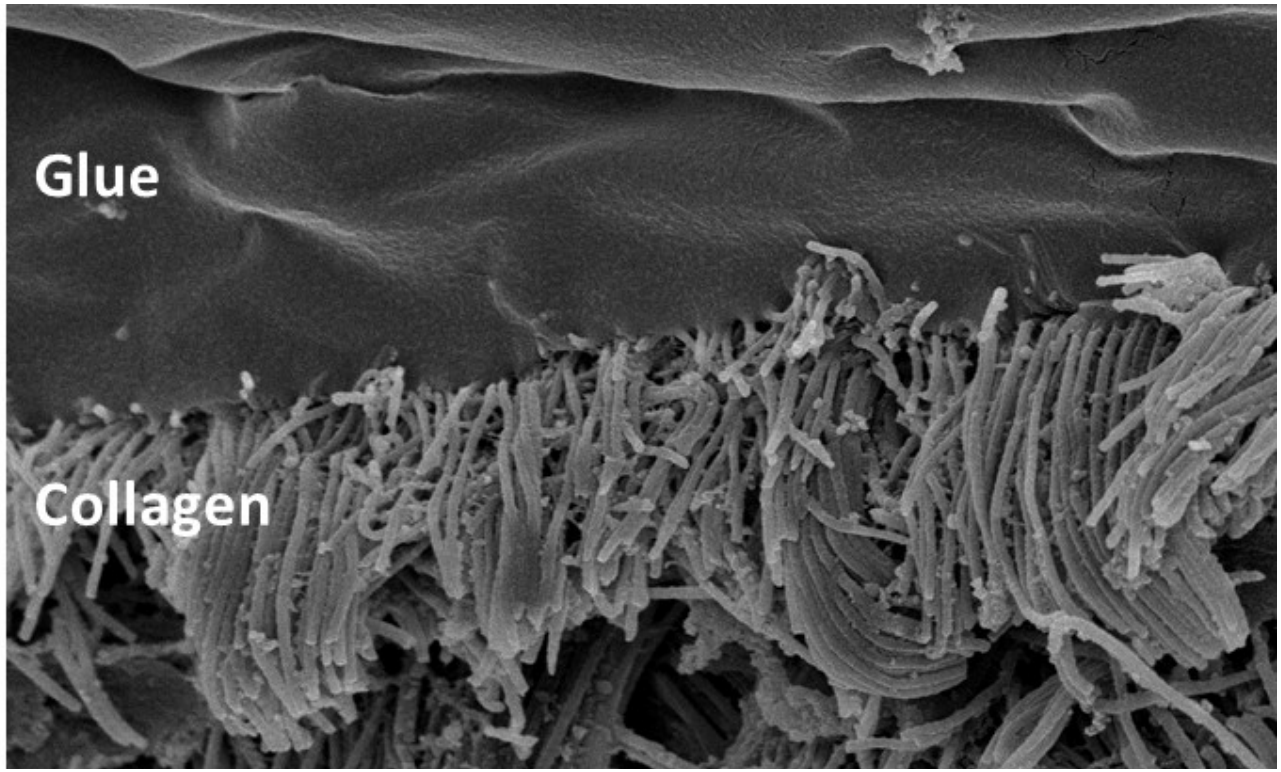
 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

co są stosowane głównie na skórę. Ponadto, noworodki często trzeba ponownie operować, by jeszcze raz „domknąć" otwór w sercu. To się powinno wkrótce zmienić, gdyż naukowcy z Boston Children's Hospital, MIT oraz Brigham and Women's Hospital wynaleźli rodzaj superkleju, który szybko i bezpiecznie spaja otwory w tkankach serca. Zajmujący się biomateriałami Jeffrey Karp oraz jego współpracownicy opisali w styczniowym numerze czasopisma *Science Translational Medicine* elastyczny i biokompatybilny *hydrofobowy klej aktywowany światłem* (HLAA), który osiąga wysoki poziom przyczepności do mokrej tkanki i nie jest naruszany w wyniku ekspozycji na krew. Badanie ujawniło, że w ciągu kilku sekund od naświetlania promieniowaniem ultrafioletowym, HLAA może zapewnić natychmiastowe uszczelnienie hemostatyczne defektów w wysokociśnieniowych, dużych naczyniach krwionośnych i w ściankach serca u świń. Łaty pokryte klejem HLAA zostały przymocowane do przegrody międzykomorowej w bijącym sercu świni i pomimo panującego tam wysokiego ciśnienia pozostały zamocowane przez następne 24 godziny, co ma istotne znaczenie w przypadku interwencji kardiochirurgicznych u ludzi. Unikalne właściwości kleju HLAA sprawiają, że łaty nim pokryte pozostają przyklejone do tkanek serca nawet wtedy, gdy są zanurzone we krwi, nie są odrzucane przez organizm, nie zostaną poluzowane lub rozdarte skurczami mięśnia sercowego, a po zagojeniu ubytku ulegną biodegradacji.

W przeciwieństwie do klejów, które działają poprzez reakcję chemiczną, za działanie HLAA odpowiada mechanizm fizyczny. W normalnych warunkach HLAA pozostaje w fazie ciekłej, natomiast zastyga w ciągu pięciu sekund, gdy tylko zostanie poddany działaniu światła ultrafioletowego (ryc. 2). Badania mikroskopowe wykazały, że klej zostaje fizycznie spleciony z kolagenem i innymi białkami na powierzchni tkanek serca (ryc. 3).

W opinii badaczy, klej HLAA może być stosowany w kardiochirurgii i innych rodzajach interwencji chirurgicznych, wymagających natychmiastowej naprawy defektów oraz chirurgicznej hemostazy. Do tej pory klej chirurgiczny został przebadany na świniach i myszach, a nad jego rozwojem pracuje francuska firma Gecko Biomedical, która planuje wypuścić HLAA na europejski rynek jako produkt komercyjny w ciągu 1–2 lat.

Małgorzata Musialik, PPP IBE



Ryc. 3. Bliższe spojrzenie na to, jak kolagen w tkankach wiąże się z łatą zrobioną klejem HLAA

Fot. Pedro del Nido, Boston Children's Hospital, źródło: http://www.gizmag.com/heart-hole-glue-hlaa/30414/pictures#3.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Zdjęcie numeru

Trzmiel ziemny na jeżówce purpurowej

Autor fotografii:
dr hab. Piotr Bębas, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski

Autorzy tekstu:
dr Piotr Bębas, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski
dr Marcin M. Chrzanowski, Pracownia Przedmiotów Przyrodniczych, Instytut Badań Edukacyjnych

Miejsce wykonania fotografii: ogród przy domu, Polska. Woj. Świętokrzyskie, Starachowice (współrzędne: 51°03'N 21°04'E).
Data: 31 lipca 2013
Zdjęcie wykonano telefonem komórkowym iPhone4S

Systematyka
Domena: eukarionty
Królestwo: zwierzęta
Typ: stawonogi
Gromada: owady
Rząd: błonkoskrzydłe
Rodzina: pszczołowate
Podrodzina: pszczoły właściwe
Plemię: trzmiele
Rodzaj: trzmiel
Gatunek: trzmiel ziemny

Obecnie znanych jest ponad 300 gatunków trzmieli, z czego w Polsce stwierdzono występowanie 31 do 40 gatunków (w zależności od źródła). Jest jednym z dwóch gatunków (obok trzmiela kamiennika) których nie objęto ochroną gatunkową w naszym kraju. Decyzja ta może budzić kontrowersję, biorąc pod uwagę ogromne znaczenie, jakie pełni ten gatunek w zapytaniu roślin kwiatowych, szczególnie o rurkowatych kwiatach lub takich, których kształt powoduje, że inne owady nie są w stanie ich zapylać lub robią to rzadko. Dlatego rośliny takie nazywane są często trzmielowymi, wśród nich: tojad mocny (*Aconitum firmum*), naparstnica purpurowa (*Digitalis purpurea*), czy wyżlin większy (*Antirrhinum majus*), zwany popularnie lwią paszczą.

Trzmiel ziemny podobnie do pszczoły miodnej (Apis mellifera) jest owadem społecznym. Rodziny trzmiele są jednak znacznie mniej liczne niż pszczele, składają się z matki i zwykle nie więcej niż 500 robotnic (najczęściej około 200). Zapłodnione samice (matki) trzmiela ziemnego zimują (pozostając w stanie tzw. diapauzy imaginalnej), aby na wiosnę rozpocząć budowę gniazda – zwykle w norach gryzoni, dziuplach, szczelinach pod kamieniami. W gnieździe zbudowanym z wyschniętych liści, trawy, a czasem mchu matka tworzy woskową komórkę, w której gromadzi nektar, a obok drugą, którą wypełnia tylko pyłkiem i do której składa jaja. Budowę takich komórek z pyłkiem powtarza wielokrotnie. W nocy ogrzewa jaja oraz wykluwające się z nich larwy, które żerują na zgromadzonym pyłku. Matka łączy ze sobą komórki tak, że wszystkie larwy

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

dorastają w jednym „żłobku". Przez cały ten czas matka dostarcza nowe porcje pożywienia szybko rosnącemu potomstwu. Dorosłe larwy przechodzą metamorfozę w wytworzonych przez siebie kokonach. Opuszczając kokon dorosłe trzmiele wygryzają w jego szczytowej części otwór, przez który wydostają się, a po 2–3 dniach odżywiania się nektarem zgromadzonym przez matkę wylatują z gniazda stając się zbieraczkami. Puste kokony podlegają recyklingowi. Są od tego czasu używane jako spichlerze na pyłek dla kolejnych pokoleń larw. Dorosłe trzmiele przejmują obowiązki matki, związane z opieką nad gniazdem, zaś sama matka pełni od tego czasu funkcję reproduktorki.

Z pewnej liczby jaj składanych przez samicę rozwijają się trutnie oraz pokolenie matek, które po kopulacji będą zimowały aby cały cykl życiowy trzmiela rozpoczął się na nowo. Ciekawostką jest to, że trutnie trzmieli (inaczej niż trutnie pszczoły miodnej) zaraz po opuszczeniu kokonów wylatują z gniazda (nigdy do niego nie wracając) i samodzielnie żerują, a zatem pełnią równie ważną rolę w zapylaniu kwiatów jak zbieraczki i matki.

 © for the article by the Authors 2014 © for the edition by Instytut Badań Edukacyjnych 2014

Zadanie

Jeśli jakiś obiekt oglądamy dwojgiem oczu, widzimy go trójwymiarowo, dzięki czemu łatwiej nam określić, jak daleko od nas się znajduje i jak szybko się porusza. Darek chciał się przekonać, czy widzenie trójwymiarowe pomaga w łapaniu przedmiotów. W tym celu zasłonił lewe oko lewą ręką, a prawą podrzucał i łapał piłeczkę. Wykonał 20 powtórzeń i tylko 6 razy udało mu się złapać piłeczkę.

Jaką próbę kontrolną powinien zastosować Darek w swoim doświadczeniu?

- ☐ A. Zasłonić prawą ręką prawe oko i łapać piłeczkę lewą ręką.
- ☐ B. Zasłonić lewą ręką prawe oko i łapać piłeczkę prawą ręką.
- ☐ C. Nie zasłaniać żadnego oka i łapać piłeczkę prawą ręką.
- ☐ D. Nie zasłaniać żadnego oka i łapać piłeczkę oburącz.

Zadanie

Jeśli jakiś obiekt oglądamy dwojgiem oczu, widzimy go trójwymiarowo, dzięki czemu łatwiej nam określić, jak daleko od nas się znajduje i jak szybko się porusza. Darek chciał się przekonać, czy widzenie trójwymiarowe pomaga w łapaniu przedmiotów. W tym celu zasłonił lewe oko lewą ręką, a prawą podrzucał i łapał piłeczkę. Wykonał 20 powtórzeń i tylko 6 razy udało mu się złapać piłeczkę.

Jaką próbę kontrolną powinien zastosować Darek w swoim doświadczeniu?

- ☐ A. Zasłonić prawą ręką prawe oko i łapać piłeczkę lewą ręką.
- ☐ B. Zasłonić lewą ręką prawe oko i łapać piłeczkę prawą ręką.
- ☐ C. Nie zasłaniać żadnego oka i łapać piłeczkę prawą ręką.
- ☐ D. Nie zasłaniać żadnego oka i łapać piłeczkę oburącz.

Zadanie

Jeśli jakiś obiekt oglądamy dwojgiem oczu, widzimy go trójwymiarowo, dzięki czemu łatwiej nam określić, jak daleko od nas się znajduje i jak szybko się porusza. Darek chciał się przekonać, czy widzenie trójwymiarowe pomaga w łapaniu przedmiotów. W tym celu zasłonił lewe oko lewą ręką, a prawą podrzucał i łapał piłeczkę. Wykonał 20 powtórzeń i tylko 6 razy udało mu się złapać piłeczkę.

Jaką próbę kontrolną powinien zastosować Darek w swoim doświadczeniu?

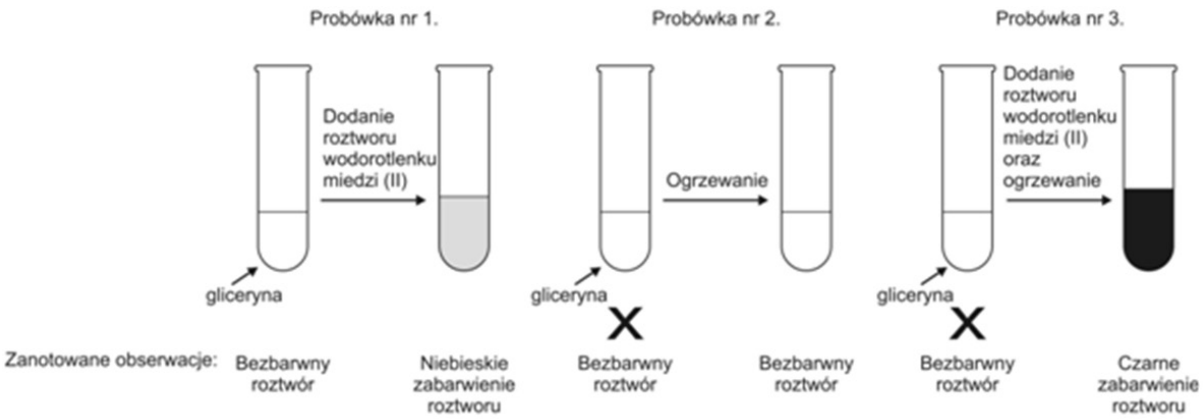
- ☐ A. Zasłonić prawą ręką prawe oko i łapać piłeczkę lewą ręką.
- ☐ B. Zasłonić lewą ręką prawe oko i łapać piłeczkę prawą ręką.
- ☐ C. Nie zasłaniać żadnego oka i łapać piłeczkę prawą ręką.
- ☐ D. Nie zasłaniać żadnego oka i łapać piłeczkę oburącz.

Zadanie powstało w ramach realizowanego przez Instytut Badań Edukacyjnych projektu *Badanie jakości i efektywności edukacji oraz instytucjonalizacja zaplecza badawczego*, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

Chemia

Zadanie

Na lekcji chemii uczeń przygotował trzy probówki z gliceryną i przeprowadził następujące doświadczenie:

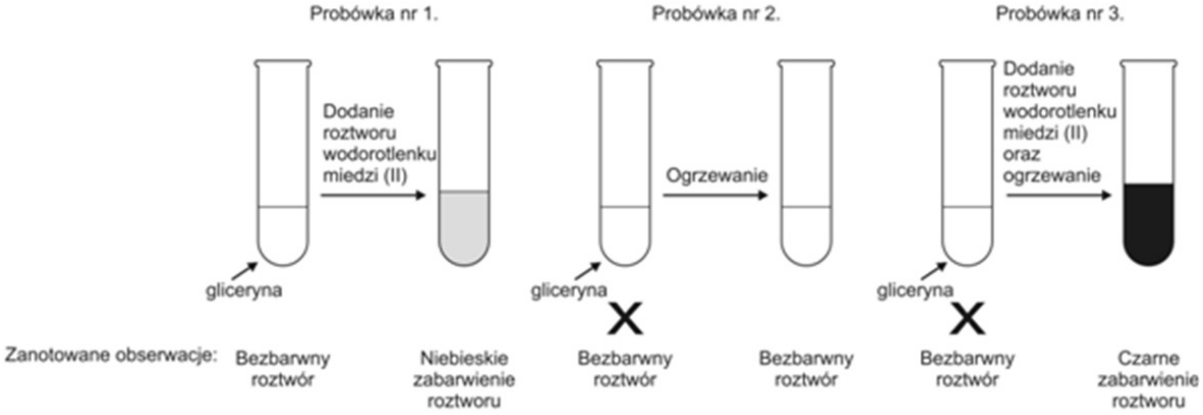


Dla każdego z poniższych stwierdzeń określ, czy jest poprawnym wnioskiem z przedstawionego doświadczenia.

	Stwierdzenia	Czy jest poprawnym wnioskiem?
1.	Gliceryna zawsze reaguje z wodorotlenkami.	☐ Tak / ☐ Nie
2.	Wodorotlenek miedzi(II) ulega reakcji z gliceryną.	☐ Tak / ☐ Nie
3.	Czarne zabarwienie w probówce nr 3. powstało w wyniku ogrzewania gliceryny.	☐ Tak / ☐ Nie

Zadanie

Na lekcji chemii uczeń przygotował trzy probówki z gliceryną i przeprowadził następujące doświadczenie:



Dla każdego z poniższych stwierdzeń określ, czy jest poprawnym wnioskiem z przedstawionego doświadczenia.

	Stwierdzenia	Czy jest poprawnym wnioskiem?
1.	Gliceryna zawsze reaguje z wodorotlenkami.	☐ Tak / ☐ Nie
2.	Wodorotlenek miedzi(II) ulega reakcji z gliceryną.	☐ Tak / ☐ Nie
3.	Czarne zabarwienie w probówce nr 3. powstało w wyniku ogrzewania gliceryny.	☐ Tak / ☐ Nie

Zadanie powstało w ramach realizowanego przez Instytut Badań Edukacyjnych projektu *Badanie jakości i efektywności edukacji oraz instytucjonalizacja zaplecza badawczego*, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

Geografia

Informacja do zadań

Mała i Duża Diomeda to dwie niewielkie wyspy. Przedziela je granica między Stanami Zjednoczonymi i Rosją, będąca w tym miejscu międzynarodową linią zmiany daty. Stojąc na jednej z wysp można więc spoglądać nie tylko na inny kraj, ale i na inny dzień („na wczoraj" lub „na jutro").

Zadanie 1

W poniższym zdaniu zaznacz właściwe słowa tak, aby powstało prawdziwe stwierdzenie.

(1) Na zdjęciu satelitarnym numerem I oznaczono

- ☐ A. Rosję
- ☐ B. Stany Zjednoczone Ameryki

(2) a numerem II oznaczono

- ☐ A. Ocean Atlantycki
- ☐ B. Ocean Spokojny

Zadanie 2

Zaznaczone na zdjęciu satelitarnym punkty III. i IV. leżą na północ od północnego koła podbiegunowego.

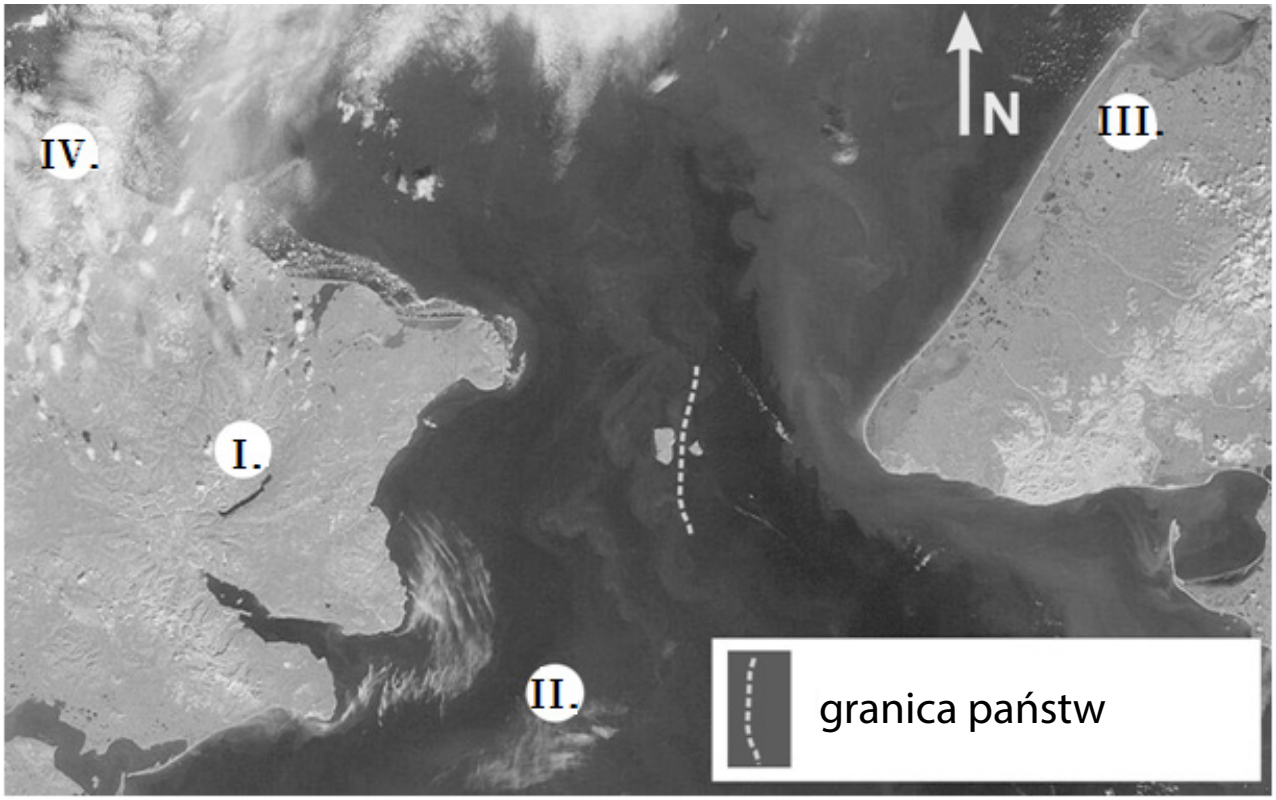
W poniższym zdaniu zaznacz właściwe słowa, tak aby powstało prawdziwe stwierdzenie.t.

(1) W czasie Bożego Narodzenia

- ☐ A. w obu punktach Słońce świeci całą dobę,
- ☐ B. w obu punktach jest ciemno całą dobę,

(2) jest to następstwem

- ☐ A. ruchu obrotowego Ziemi.
- ☐ B. ruchu obiegowego Ziemi.



Mapa 1. Położenie Wysp Diomedesa

Zadanie powstało w ramach realizowanego przez Instytut Badań Edukacyjnych projektu *Badanie jakości i efektywności edukacji oraz instytucjonalizacja zaplecza badawczego*, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

Geografia

Zadanie 3

W poniższym zdaniu zaznacz właściwe słowa, tak aby powstało prawdziwe stwierdzenie.

(1) Robiąc powyższe zdjęcie autor znajdował się na:

- ☐ A. północ od wysp,
- ☐ B. południe od wysp,
- ☐ C. wschód od wysp,
- ☐ D. zachód od wysp,

(2) a więc biegun N miał

- ☐ A. za plecami.
- ☐ B. przed sobą.
- ☐ C. po prawej stronie.
- ☐ D. po lewej stronie.

Wyspy: Diomeda Mała (po lewej) i Diomeda Duża (po prawej)

Fot. Dave Cohoe; źródło: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c6/Diomede_Islands_Bering_Sea_Jul_2006.jpg.

Zadanie 3

W poniższym zdaniu zaznacz właściwe słowa, tak aby powstało prawdziwe stwierdzenie.

(1) Robiąc powyższe zdjęcie autor znajdował się na:

- ☐ A. północ od wysp,
- ☐ B. południe od wysp,
- ☐ C. wschód od wysp,
- ☐ D. zachód od wysp,

(2) a więc biegun N miał

- ☐ A. za plecami.
- ☐ B. przed sobą.
- ☐ C. po prawej stronie.
- ☐ D. po lewej stronie.

Wyspy: Diomeda Mała (po lewej) i Diomeda Duża (po prawej)

Fot. Dave Cohoe; źródło: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c6/Diomede_Islands_Bering_Sea_Jul_2006.jpg.

Zadanie powstało w ramach realizowanego przez Instytut Badań Edukacyjnych projektu *Badanie jakości i efektywności edukacji oraz instytucjonalizacja zaplecza badawczego*, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

Fizyka

Zadanie

Pewna znana firma posiada 5 satelitów geostacjonarnych. Zarząd uznał za konieczne posiadanie satelity badawczego, który będzie obiegał Ziemię po orbicie kołowej w czasie 12, a nie 24 godzin.

Które ze stwierdzeń na temat dodatkowego satelity wypowiedzianych podczas zebrania Zarządu jest prawdziwe?

- ☐ A. „Dodatkowy satelita powinien krążyć w takiej samej odległości od Ziemi co satelity geostacjonarne, ale z dwukrotnie większą prędkością."
- ☐ B. „Dodatkowy satelita powinien krążyć w takiej samej odległości od Ziemi co satelity geostacjonarne, ale z dwukrotnie mniejszą prędkością."
- ☐ C. „Dodatkowy satelita powinien krążyć w takiej samej odległości od Ziemi co satelity geostacjonarne, ale z czterokrotnie większą prędkością."
- ☐ D. „Dodatkowy satelita nie może krążyć w takiej samej odległości od Ziemi co satelity geostacjonarne."

Zadanie

Pewna znana firma posiada 5 satelitów geostacjonarnych. Zarząd uznał za konieczne posiadanie satelity badawczego, który będzie obiegał Ziemię po orbicie kołowej w czasie 12, a nie 24 godzin.

Które ze stwierdzeń na temat dodatkowego satelity wypowiedzianych podczas zebrania Zarządu jest prawdziwe?

- ☐ A. „Dodatkowy satelita powinien krążyć w takiej samej odległości od Ziemi co satelity geostacjonarne, ale z dwukrotnie większą prędkością."
- ☐ B. „Dodatkowy satelita powinien krążyć w takiej samej odległości od Ziemi co satelity geostacjonarne, ale z dwukrotnie mniejszą prędkością."
- ☐ C. „Dodatkowy satelita powinien krążyć w takiej samej odległości od Ziemi co satelity geostacjonarne, ale z czterokrotnie większą prędkością."
- ☐ D. „Dodatkowy satelita nie może krążyć w takiej samej odległości od Ziemi co satelity geostacjonarne."

Zadanie

Pewna znana firma posiada 5 satelitów geostacjonarnych. Zarząd uznał za konieczne posiadanie satelity badawczego, który będzie obiegał Ziemię po orbicie kołowej w czasie 12, a nie 24 godzin.

Które ze stwierdzeń na temat dodatkowego satelity wypowiedzianych podczas zebrania Zarządu jest prawdziwe?

- ☐ A. „Dodatkowy satelita powinien krążyć w takiej samej odległości od Ziemi co satelity geostacjonarne, ale z dwukrotnie większą prędkością."
- ☐ B. „Dodatkowy satelita powinien krążyć w takiej samej odległości od Ziemi co satelity geostacjonarne, ale z dwukrotnie mniejszą prędkością."
- ☐ C. „Dodatkowy satelita powinien krążyć w takiej samej odległości od Ziemi co satelity geostacjonarne, ale z czterokrotnie większą prędkością."
- ☐ D. „Dodatkowy satelita nie może krążyć w takiej samej odległości od Ziemi co satelity geostacjonarne."

Zadanie powstało w ramach realizowanego przez Instytut Badań Edukacyjnych projektu *Badanie jakości i efektywności edukacji oraz instytucjonalizacja zaplecza badawczego*, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.