

Eliza Rybska

*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

## **Rola reprezentacji zewnętrznych w rozpoznaniu osobistych koncepcji dzieci na temat bakterii. Przesłanki dla dydaktycznej użyteczności drobnoustrojów**

**ABSTRAKT:** W kognitywistyce i pedagogice reprezentacje najczęściej kojarzone są jako mentalne odzwierciedlenia realnego świata. Tymczasem w dydaktyce przedmiotów przyrodniczych coraz więcej uwagi poświęca się zewnętrznym reprezentacjom, które coraz częściej można określić jako MER (*Multiple External Representations*), co można przetłumaczyć jako wielorakie zewnętrzne reprezentacje. Pomiędzy reprezentacjami mentalnymi a MERami istnieją wzajemne relacje, które nie zawsze są wykorzystywane w trakcie edukacji formalnej. W prezentowanym artykule chciałabym przedstawić przykład wykorzystania reprezentacji zewnętrznych w postaci rysunków do rozpoznania zasobów wiedzy osobistej dzieci w wieku 7–13 lat na temat bakterii. Dodatkowo po wykonaniu rysunku uczestnicy badań udzielali odpowiedzi na zadawane pytania. Przeprowadzone badania i ich wyniki wskazują nie tylko na potencjał, jaki ulokowany jest w możliwościach wykorzystania rysowania w procesie dydaktycznym, ale dostarczają również cennych informacji w postaci zasobów epistemologicznych w dziecięcej wiedzy osobistej o drobnoustrojach.

**SŁOWA KLUCZOWE:** reprezentacje, wielorakie reprezentacje zewnętrzne, rysowanie, wiedza osobista

Kontakt:	Eliza Rybska elizaryb@gmail.com
Jak cytować:	Rybska, E. (2018). Rola reprezentacji zewnętrznych w rozpoznaniu osobistych koncepcji dzieci na temat bakterii. Przesłanki dla dydaktycznej użyteczności drobnoustrojów. <i>Forum Oświatowe</i> , 30(2), 29–49. Pobrano z <a href="http://forumoswiatowe.pl/index.php/czasopismo/article/view/588">http://forumoswiatowe.pl/index.php/czasopismo/article/view/588</a>
How to cite:	Rybska, E. (2018). The role of external representation in recognizing children's personal concepts about bacteria: educational implications of using microorganisms in didactical context. <i>Forum Oświatowe</i> , 30(2), 29–49. Retrieved from <a href="http://forumoswiatowe.pl/index.php/czasopismo/article/view/588">http://forumoswiatowe.pl/index.php/czasopismo/article/view/588</a>

## RAMY TEORETYCZNE POZNANIE I ROLA NARZĘDZI W POZNANIU

Poznanie (*cognition*) odbywa się przez doświadczanie, używanie narzędzi, umysłu, ciała, środowiska, w którym przebywamy, oraz dzięki przetwarzaniu docierających informacji, analizowaniu, scalaniu ich, tworzeniu reprezentacji, swoistym obrazowaniu. Tym, co czyni poznanie interesującym procesem do badań, jest m.in. jego subiektywizm, który wpływa na procesy konstruowania wiedzy osobistej. Poznanie jest uwarunkowane przez subiektywizm podmiotu, przez jego osobiste doświadczenia, kulturę, w której wzrastał i przebywa, a także przez narzędzia, których podmiot używa. Wykorzystanie narzędzi, w tym instrumentów poznawczych, najczęściej zmienia naturę wykonywanych czynności. Umożliwia zastępowanie jednej formy, jednego obiektu przez inny, przez coś, co może być ich reprezentacją (Afeltowicz, 2012). Umożliwia dokonywanie operacji, manipulowanie prowadzące np. do lepszego przewidywania skutków wprowadzonych zmian.

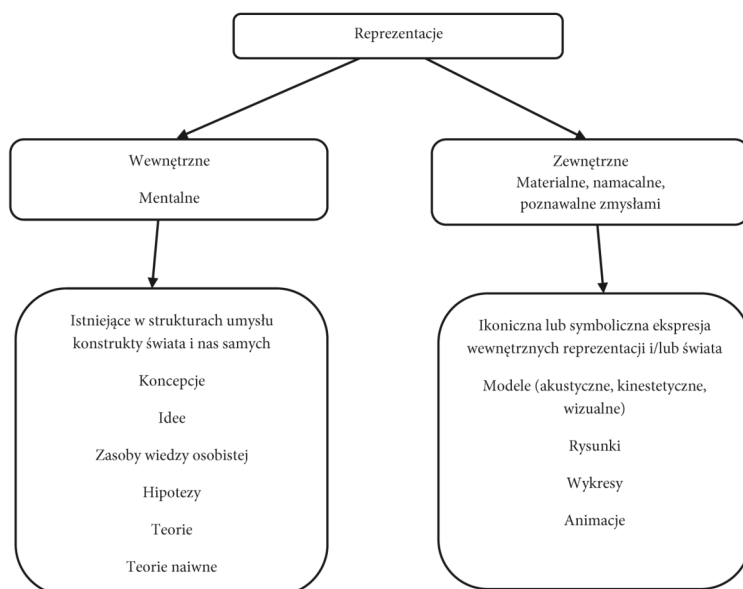
David Kirsh (2010) określa wykorzystywanie narzędzi w celu internalizacji (oponowania czynności poznawczych) mianem *bootstrappingu*, czyli czegoś, co ułatwia własny rozwój, samodzielne wykonanie jakiegoś zadania, a przez to ułatwia myślenie i poznanie. Autor ten podkreśla, że tworzenie zewnętrznych konstrukcji połączonych z myślą – wewnętrznych reprezentacji – jest częścią interaktywnej strategii ułatwiającej myślenie. Strategia ta działa na zasadzie zapewniania swoistej konstrukcji lub **materialnej (zewnętrznej, namacalnej) kotwicy** (*material anchor*) (Hutchins, 2005) dla projekcji mentalnej.

### POMIĘDZY REPREZENTACJĄ MENTALNĄ A NAMACALNĄ

Narzędzia wykorzystywane są m.in. do tworzenia reprezentacji. Według J. Brunera (1978) reprezentacja to „system reguł, za pomocą których jednostka wyrabia sobie pojęcie stałości powtarzających się cech otoczenia w sposób umożliwiający operowanie nimi” (s. 523). To subiektywnie zdobyta i selektywnie konstruowana wiedza o obiektach, zjawiskach, fragmentach doświadczenia podmiotu. Tworzenie reprezentacji jest

sposobem, w jaki jednostka radzi sobie z otoczeniem oraz z napływającymi informacjami. J. Bruner wyróżnił trzy systemy reprezentacji: (1) enaktywne – oparte na działaniu, (2) ikoniczne – oparte na wyobrażeniu oraz (3) symboliczne – tworzone za pomocą słów i symboli (Bruner, 1978). Według NRC (*National Research Council*), reprezentacja to zarówno występujące w umysłach, jak i na zewnątrz podmiotu przedstawienia obrazujące elementy (obiekty) i ich relacje w reprezentowanym świecie. Obecnie reprezentacja rozumiana jest najczęściej jako struktura mentalna konstruowana w umyśle podmiotu, która powiązana jest z realną sytuacją lub obiektem ze świata zewnętrznego. Podstawą dla reprezentacji jest poznanie, które umożliwia nie tylko detekcję tych elementów (obiektów), ale i ustalenie relacji zachodzących między nimi w świecie. Takie ujęcie reprezentacji lokuje je przede wszystkim w umyśle podmiotu.

Z kolei w dydaktykach przedmiotowych spotykamy podział reprezentacji na **wewnętrzne** (mentalne – i tu przytoczone definicje jak najbardziej się zgadzają) oraz **zewnętrzne**. Omawiany podział na reprezentacje wewnętrzne i zewnętrzne został przedstawiony na rycinie 1. Ten drugi typ reprezentacji ma również swoiste formy przekazu, wykorzystuje różne kanały przekazu i odbioru – wzrokowe, słuchowe czy kinestetyczne. Z założenia reprezentacja zewnętrzna służy przede wszystkim opisowi, wyjaśnieniu i komunikowaniu struktury, działania czy relacji między obiektami (Fiantika, 2017). Dwa najważniejsze elementy takich reprezentacji zewnętrznych to **właściwości tej reprezentacji i relacje między obiektami**. Oba odgrywają kluczową rolę w tworzeniu wymienionych typów reprezentacji. Ponadto, z założenia reprezentacja – zarówno mentalna, jak i zewnętrzna – jest pewnym uproszczeniem tego, co przedstawia.



Rycina 1. Podział reprezentacji na dwa podstawowe typy wraz z przykładami obu typów reprezentacji. Opracowanie własne.

W literaturze z zakresu *science education* spotkać można określenie *multiple external representations* (skrót MER, proponuję tłumaczyć jako wielorakie zewnętrzne reprezentacje) – co podkreśla umiejscowienie owych reprezentacji (na zewnątrz ucznia), ich narzędziowość, a także różnorodność (Lemke, 2003; Ainsworth, 2006). Współcześnie trudno sobie wyobrazić funkcjonowanie szkoły bez wielorakich reprezentacji zewnętrznych. Są one obecne w podręcznikach (fotografie, rysunki, schematy czy wykresy), czy w coraz częściej wykorzystywanych tablicach multimedialnych (animacje, prezentacje, filmy). W konsekwencji od ucznia oczekuje się umiejętności świadomego używania takich zewnętrznych wielorakich reprezentacji. Świadome używanie oznacza w tym momencie nie tylko dekodowanie informacji w nich przedstawionych, ale także przetwarzanie ich i tworzenie własnych (oznaczających kodowanie w podobnej modalności – np. wizualnej) (Waldrup, Prain, Carolan, 2010).

Pomiędzy omawianymi typami reprezentacji występują zależności. Uczeń postawiony przed zadaniem przedstawienia reprezentacji danego obiektu czy zjawiska wykonuje je nie tylko w oparciu o spostrzeżenia, obserwacje otaczającego świata, ale i na podstawie posiadanych przez siebie zasobów wiedzy osobistej. Proces tworzenia reprezentacji może zwrotnie oddziaływać na istniejące w umyśle reprezentacje mentalne. Może więc uczeń, tworząc reprezentację zewnętrzną, konstruować lub przeformułowywać własną wiedzę. Nie jest to jednak sytuacja automatyczna i aby miała miejsce, powinny zostać spełnione pewne warunki, które sprzyjają uczeniu się, np. odwoływanie się do wiedzy osobistej czy konieczność przełączania pomiędzy modalnościami danej reprezentacji (Rybska, 2017). W takiej idealnej sytuacji może dojść do interakcji pomiędzy reprezentacjami zewnętrznymi i wewnętrznymi, w których oba typy omawianych wytworów wzajemnie na siebie oddziałują.

Celem wytworzenia reprezentacji zewnętrznej podmiot najczęściej używa różnorodnych narzędzi. Wówczas to ręka, będąc przedłużeniem umysłu, wyciąga na pułap świata zewnętrznego przefiltrowane reprezentacje mentalne. Powstające wówczas np. rysunki mogą działać na zasadzie opisanego przez D. Kirsha bootstrappingu czy materialnej kotwicy, ułatwiając internalizację poznania i przyczyniając się do budowania osobistej wiedzy podmiotu.

## WIEDZA OSOBISTA

Stanisław Dylak (2013a) zwraca uwagę na to, że podobnie jak wiedza jest konstruktem osobistym każdej jednostki, tak doświadczenia są indywidualne. Określa on uczenie się jako „współtworzenie czynnej wiedzy osobistej” (Dylak, 2013b). Z kolei, jak zauważają Rosalind Driver i współpracownicy (1994), uczenie się przedmiotów przyrodniczych polega na włączaniu się w idee i praktyki wspólnoty naukowej oraz na czynieniu tych idei i praktyk znaczącymi na poziomie jednostki. Stąd rola nauczyciela takich przedmiotów polegać powinna na mediowaniu wiedzy naukowej z uczniami, na pomaganiu im w odnalezieniu osobistego znaczenia pojęć i stosowania praktyk, które leżą u podstaw generowania i weryfikowania nauki. Z perspektywy takiego osobistego

nastawienia i aktywnego włączenia podmiotu w proces uczenia klasa staje się miejscem, w którym uczniowie wspólnie pracują i uczestniczą w wyjaśnianiu zjawisk dla samych siebie, a nauczyciel stwarza odpowiednie środowisko i doprowadza do refleksji.

Jednym z zadań edukacji przyrodniczej jest kształtowanie pojęć przyrodniczych, które weszłyby w obszar wiedzy osobistej wychowanków. Płynne operowanie pojęciami wymaga ich rozumienia. W ujęciu Lwa Wygotskiego (1989, 2002) pomiędzy postrzeżeniami przedmiotów a naukowymi pojęciami w rozwoju myślenia dzieci występują jeszcze pseudopojęcia, które funkcjonują w dziecięcych umysłach jako łańcuchowe kompleksy grupowanych przedmiotów. Rozwój owych kompleksów jest ściśle związany z dyskursem dorosłych, którzy przebywają w otoczeniu dziecka. Pseudopojęcia są pomostem, który łączy myślenie konkretne i obrazowe z myśleniem abstrakcyjnym i pojęciowym. Operowanie i wykształcenie w myśleniu dziecka pojęć naukowych ma miejsce wówczas, kiedy dziecko przyporządkowuje dane pojęcie do tej samej grupy co dorosły, kiedy myśli o pojęciu konkretnie. Stąd język – według Lwa Wygotskiego – jest pośrednikiem między uczeniem się i rozwojem. Pisze on (1989), że „droga od przedmiotu do dziecka i od dziecka do przedmiotu prowadzi przez drugiego człowieka”.

W ostatecznej ewaluacji to wiedza osobista jest podstawowym wyznacznikiem lub wskaźnikiem sposobu rozumienia pojęć przez podmiot. Jak zauważa Dorota Klus-Stańska (2010), odmienne i niespójne z przedwidzą pojęcia i koncepcje naukowe w wersji transmisyjnej „mijają się bezkolizyjnie jako ciągi obcych informacji”, co doprowadza raczej do powstania dwóch niezależnych światów – świata wiedzy potocznej i naukowej. Tymczasem zadaniem szkoły, nauczyciela powinno być wspieranie uczniów w tworzeniu pomostu pomiędzy pojęciami potocznymi a naukowymi. Taka zamiana pojęć potocznych lub zdrorowozsądkowych w naukowe określana jest w literaturze jako zmiana koncepcyjna (*conceptual change*) (np. Carey, 1985; Hynd, Alverman, 1989). Ponadto coraz częściej badania naukowe wskazują na rolę wykorzystania zasobów epistemologicznych, jako pokładów dla wypracowania bardziej wszechstronnej i spójnej wiedzy (*epistemological resources*, Brown, Hammer, 2008). Jest to praktyka o tyle istotna, że wielokrotnie już udowodniono, iż projektowanie zajęć dydaktycznych celowo odnoszących się do osobistych epistemologii (*personal epistemologies*) prowadzi do sukcesów w opanowywaniu wiedzy naukowej (np. Carey, Smith, 1993; Linn, Hsi, 2000; Smith, i in., 2000).

## BADANY KONCEPT

Bakterie na ogół są postrzegane jako istotne czynniki chorobotwórcze i raczej nie mają pozytywnego wizerunku w społeczeństwie. Tymczasem jest wiele aspektów naszego życia, które zależą w dużej mierze od tych niewielkich organizmów – jak procesy fermentacji mlekowej, alkoholowej, związki symbiotyczne np. w naszych jelitach, przemyśl farmakologiczny – w tym wykorzystanie bakterii do produkcji leków – takich jak antybiotyki, insulina, czy hormon wzrostu.

Problemem, który związany jest z konstruowaniem naukowego pojęcia bakteria, jest m.in. ich mała wielkość, niemożność namacalnego poznania (a przynajmniej za-

sadnicze trudności w obcowaniu i poznaniu czy zobaczeniu na własne oczy ruszającej się bakterii). Zatem poziom reprezentacji, który przypisywany jest tym twórcom, jest submikroskopowy (Johnstone, 1982, 1983; Gilbert, 2005), stąd stanowi większe wyzwanie w konstruowaniu naukowej wiedzy o tych drobnoustrojach niż w przypadku organizmów, które możemy postrzegać makroskopowo.

## METODY

Przeprowadzone badania są badaniami jakościowymi, idiograficznymi, w których dokonano analizy treści wytworów (rysunków) i wypowiedzi uczniów na temat wybranych obiektów biologicznych. Analiza treści prowadzona pod kątem cech semantycznych istotnych dla dzieci, nieistotnych, nadwyżek semantycznych oraz koncepcji utrudniających dochodzenie do pojęć naukowych.

Grupa badana: 72 uczniów klas 1–5 szkół podstawowych z dużego miasta (Poznań – 32 osoby) oraz miasta średniej wielkości (Kalisz Pomorski – 40 osób). W badaniu wzięły udział 43 dziewczynki i 29 chłopców.

Dzieci w małych grupach 4–5-osobowych proszone były najpierw o wykonanie rysunku na zadany temat: Narysuj, jak Twoim zdaniem wygląda bakteria. Podpisz poszczególne elementy jej budowy.

Pod rysunkiem znajdowały się pytania, na które poproszono, aby dzieci odpowiedziały. Pytania zadawane uczniom pod rysunkiem brzmiały: Czym są bakterie? Po czym można poznać, że żyją? Czy bakterie są złe czy dobre? Co się dzieje, kiedy bakteria atakuje człowieka? Co robią bakterie – po co są w przyrodzie? Czy znasz jakieś bakterie?

Ponadto ośmioro dzieci było poproszonych o indywidualny wywiad (zamiast udzielania odpowiedzi pisemnych, zestaw pytań był tożsamy). Wywiad był przeprowadzany w osobnym miejscu i w spokojnej, przyjaznej atmosferze. Odpowiedzi respondentów były zapisywane przez badacza na kartce papieru. W wywiadzie uczestniczyli jedynie uczniowie klas 3, którzy jeszcze nie zostali zapoznani w toku edukacji formalnej z informacjami na temat bakterii, zaś czuli się na tyle spokojnie, że mogli swobodnie wypowiadać się podczas rozmowy z prowadzącym badania.

### CEL: DIAGNOZA KONCEPCJI DZIECIĘCYCH DOTYCZĄCYCH BAKTERII PYTANIA BADAWCZE

- 1) Jakie cechy semantyczne dzieci uznały za istotne w opisach drobnoustrojów, a jakie w rysunkach?
- 2) Jakie zasoby epistemologiczne dzieci posiadają, które rokują tworzenie spójnych koncepcji naukowych na badany temat?
- 3) Jakie koncepcje mogą im utrudniać opanowywanie zagadnień i tworzenie naukowych pojęć dotyczących bakterii?

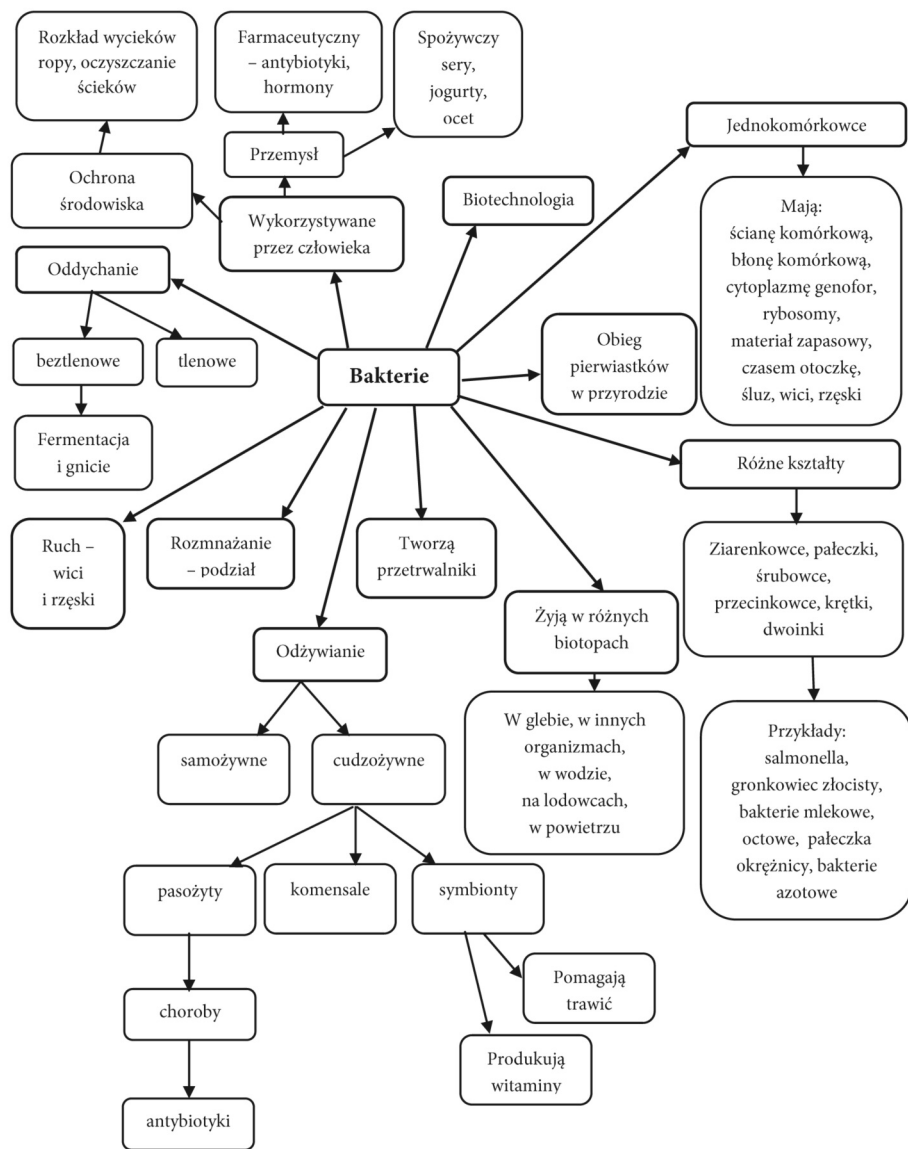
Zarówno wypowiedzi uczniów, jak i ich wytwory graficzne nie podlegały ocenie wartościującej, a jedynie opisującej i pozwalającej na zakwalifikowanie ich do wyróżnionej po analizie kategorii. Rysunki, jako wytwory graficzne, poddano ilościowo-jakościowej analizie treści. Odnotowywałam wszystkie elementy występujące na wytworach graficznych dzieci, zliczając jednocześnie ile razy się powtórzyły (częstość). Obecność danych elementów na rycinie świadczy o ich istotności i może być deskryptorem obiektu, który został uznany przez dziecko za semantycznie istotny. Dzieci w procesie konceptualizacji dokonują „wyboru cech istotnych z własnego punktu widzenia, uznają pewne cechy semantyczne przypisane desygnatowi za relewantne, inne za drugorzędne” (Wiśniewska-Kin, 2016). W ten sposób, odnajdując wspólne elementy obecne na rycinach i na rysunkach obecnych w podręcznikach szkolnych, można odnaleźć cechy semantyczne uznane przez dzieci za istotne przy opisywaniu (również graficznym) danego obiektu. Dokonana w ten sposób analiza dostarcza informacji o zasobach, które można wykorzystać dla wypracowania bardziej wszechstronnej i spójnej wiedzy naukowej (*epistemological resources*, Brown, Hammer, 2008). Pozostałe cechy, które występują na rycinach podręcznikowych, ale nie zostały uwzględnione przez uczestników badania, można uznać za cechy semantycznie nieistotne. Natomiast cechy, które są przypisywane obiektom, ale nie mają odzwierciedlenia w definicjach naukowych, stanowią nadwyżkę semantyczną. Dodatkowo zwracałam uwagę na te elementy wypowiedzi graficznych, które mogą stanowić utrudnienia (*obstacles*) w konstruowaniu pojęć naukowych u dzieci. Przez zastosowanie eksplikacji (pojęcie opisane przez Rudolfa Carnapa, 1950) podmiot wyposaża pojęcia w ścisłe, operatywne kryteria stosowności. W analogiczny sposób analizowałam werbalne wypowiedzi uczniów (pisemne i ustne), które poddałam ilościowo-jakościowej analizie treści.

Na rycinie 2 przedstawiłam mapę semantyczną dotyczącą bakterii, opracowaną na podstawie powszechnych encyklopedii PWN oraz Wikipedii – wychodząc z założenia, że jest to wiedza, jaką przeciętny członek społeczeństwa powinien posiadać na temat tych drobnych organizmów. Mapa ta służy jako referencyjny model epistemologiczny<sup>1</sup> dla wiedzy szkolnej.

Nie oznacza to, że uczniowie w wieku 7 czy 10 lat powinni dysponować taką wiedzą, ale w odniesieniu do tegoż modelu możemy przygotować model koncepcyjny, przedstawiający najczęściej obserwowane dziecięce koncepcje i przekonania na temat bak-

---

<sup>1</sup> REM (*reference epistemological model*) – przykładowo Bosch i Gascon (2006) zwracają również uwagę, że każde badania w dydaktyce powinny wypracować własny epistemologiczny model odniesienia, który umożliwiłyby porównywanie teorii i praktyki w procesie transpozycji dydaktycznej w analizowanej sytuacji. Transpozycja dydaktyczna zaś została szczegółowo opracowana przez Yvesa Chevallarda (1985) i oznacza proces transformacji wiedzy, jaki zachodzi, kiedy wiedza przechodzi od instytucji naukowych do szkolnych. Chevallard podkreśla, że wiedza akademicka jest przekształcana przez instytucje odpowiedzialne za wybór treści, podstaw programowych i innych dokumentów związanych z doбором treści, jakie powinny być realizowane w szkołach. Przekształcanie zachodzi również w samej szkole – dokonuje go nauczyciel, który wprowadza dane treści na zajęciach dydaktycznych. U ostatecznego odbiorcy – jakim jest każdy obywatel – może się zdarzyć, że zaistnieje przepaść pomiędzy wiedzą akademicką a osobistą.



Rycina 2. Mapa semantyczna pojęcia bakterie – referencyjny model epistemologiczny (REM).

terii. Model koncepcyjny może (i powinien) być podstawą opracowywania zajęć dydaktycznych. Píše o tym m.in. Barbara Hofer (2000), która podkreślała rolę osobistych epistemologii (*personal epistemologies*) w edukacji i konieczność odwoływania się do nich w sytuacjach edukacyjnych. Dane poddane zostały kategoryzacji, dzięki której obliczono i stworzono również macierz korelacji pomiędzy kategoriami.



## WYNIKI ANALIZA RYSUNKÓW

Ponad połowa rysunków przedstawiała bakterie o kształcie kulistym lub eliptycznym, zbliżone do kształtów bakterii reprezentowanych na rycinach tych organizmów (29 badanych). Również ponad połowa (38 badanych) badanych umieściła pewne elementy kuliste w środku narysowanych przez siebie komórek bakteryjnych (praca 1). Grupa 25 dzieci przedstawiła wizerunki bakterii z różnymi włoskami (rzęskami), 13 narysowało dodatkowe osłonki wokół przedstawionych przez siebie wizerunków tych małych organizmów (praca 2), a 3 osoby narysowały śluz wokół bakterii. Wszystkie te elementy można zaliczyć do zasobów semantycznych analizowanej grupy. Poza kształtem kulistym bakterii można było zaobserwować inne np. amebowate, o nieokreślonym kształcie lub o sylwetce przypominającej różne potwory z reklam czy nawiązującej do postaci kosmitów z bajek dziecięcych.

Na rysunkach dzieci pojawiały się również elementy, które stanowią pewną nadwyżkę semantyczną. Przykładowo na 12 rysunkach przedstawione były twory, które określone zostały jako „rogi”, zaś na 16 różnego rodzaju wyrostki podpisane jako „ręce” lub „nogi” (praca 3). Twory takie, mimo że nie występują w prezentowanej formie u bakterii, to ich ułożenie lub funkcje przypominają funkcje wici i rzęsek (związane z poruszaniem się), przez co przypominają rolę jaką pełnią kończyny u ssaków.

Natomiast w grupie młodszych uczestników badania (do 10 lat maksymalnie) pojawiały się przykłady traktowania człowieka jako wzorca (*human as a template*) dla wszystkiego, co żyje (opisywane jako wnioskowanie indukcyjne – Carey, 1985). W tych przypadkach 21 osób przedstawiło bakterie z ustami (praca 4), 24 z oczami (praca 5), zaś po 7 rycin przedstawiało nos i zęby. W żadnym rysunku dziecka powyżej 10 roku życia nie obserwowano takiego antropomorficznego postrzegania bakterii. Bakterie w różnych kolorach przedstawiło 22 badanych. Najczęściej wybieranym dla bakterii kolorem był zielony.

Do zasobów epistemologicznych, czyli cech semantycznie istotnych, przedstawionych na rycinach dzieci, zaklasyfikować można kształt bakterii, obecność otoczki, śluzu, różnych elementów w środku komórki, a także włoski, wici, rzęski. Za nadwyżkę semantyczną uznać można różnego rodzaju rogi, macki, nogi i ręce, które stosunkowo często przedstawiane były na rycinach. Natomiast do swoistych przeszkód czy informacji, które mogą utrudniać konstruowanie wiedzy biologicznej na temat bakterii, można zaklasyfikować te przekonania, w których dzieci przenoszą cechy ludzkie na te organizmy – jak posiadanie oczu, ust, zębów. Ciekawymi przeszkodami w konstruowaniu koncepcji na temat bakterii są opisane naczynia włosowate dołączone do komórki bakterii lub przedstawienie jądra komórkowego jako elementu budowy wewnętrznej (prace 6 i 7).

### ANALIZA SEMANTYCZNA WYPOWIEDZI PISEMNYCH I USTNYCH

#### **Pytanie 1: czym są bakterie?**

Na pierwsze pytanie – *czym są bakterie?* – 18 uczniów odpowiedziało, że zarazkami, 6 – że małymi stworzeniami, a za drobnoustroje uznało je 8 badanych. Określenia ta-

kie jak: są potworami, komórkami, robakami czy pasożytami, padały znacznie rzadziej (poniżej 5 wskazań).

Grupa 15 badanych określiła bakterie jako „choroby”, zaś 6 osób uznało je za brud. Pojedyncze wskazania dotyczyły opisywania ich jako elementów naszego życia, czegoś niewidocznego, groźną masę itd. Przykładowe odpowiedzi na to pytanie: *małymi istotami życia; formami życia, które szkodzą człowiekowi; zarazkami; małymi stworzeniami; istotami, które niszczą nam życie; brudem dookoła nas.*

### **Pytanie 2: Czy bakterie są żywe? Po czym można poznać, czy są żywe, czy nie?**

Jednoznacznie 53 badanych uznało bakterie za żywe, w przeciwieństwie do 5 dzieci, które uznały je za martwe. Ciekawym jest, że aż 12 dzieci w badanej grupie uznało je za twory częściowo żywe i częściowo martwe. Tłumaczyły to stwierdzeniami takimi jak: *tylko gdy są we mnie, są żywe; niektóre są żywe, inne nie; tylko jak są we krwi.* Odpowiedzi takie mogą wskazywać na mylenie bakterii z wirusami, co do których podobne wątpliwości wskazują na dualistyczną naturę wirusów i omawiane są w wielu podręcznikach również szkolnych.

Jako uzasadnienie ożywionego charakteru bakterii dzieci podawały odpowiedzi, które można zaklasyfikować do dwóch kategorii: 1) wskaźników ich obecności oraz 2) czynności życiowych.

W pierwszej kategorii najczęściej wskazań dotyczyło: faktu wywoływania przez bakterie chorób (28 wskazań), są w nas (3 wskazania), zatruwają nas (3 wskazania).

W drugiej kategorii – uzasadniania przez czynności życiowe – najczęściej wymieniana była zdolność do poruszania się i rozprzestrzeniania – 14 wskazań, 7 osób wskazało, że się rozmnażają, 4 – że się odżywiają, a pojedyncze wskazania dotyczyły zdolności do oddychania i wzrostu, np.: *są żywe bo się ruszają i rozmnażają, i rosą; chyba niektóre też odżywiają się, np. cukrem, te co na zębach.*

Z ciekawych koncepcji dotyczących czynności życiowych bakterii warto tu przytoczyć:

Badacz: A jak się poruszają?

Uczeń 1: *za pomocą śliskości, jak ślimaki, albo jak taki woreczek z wodą – jak falująca woda w środku woreczka.*

Uczeń 2: *Mają coś w środku, co sprawia, że się poruszają, takie jakby nogi, ale płynne... I pewnie mają geny, które im mówią, co mają robić.*

Uczeń 3: *Tak fruują jakby, no bo są małe i mogą tak pływać – fruwać jak pyłki w powietrzu.*

Uczeń 4: *No... w organizmie to chodzą, z krwią, a w powietrzu to latają tak razem z katarem i kaszlem.*

Uczeń 5: *Nie wiem... A jak by mogła się poruszać – ma jakieś odnóża, nogi jak chrząszcz tylko 10 000 razy mniejsze i może biegać – może 100 razy mniejsze.*

Badacz: A jak bakterie się rozmnażają?

Uczeń 1: *Rozdzielają się na kilka milionów noworodków.*

Uczeń 2: *Rozdzielają się na nieskończoność kawałków i atakują organizm, i kichamy,*

Uczeń 3: *Mają efekt podzielności – tak się rozmnażają.*

Uczeń 4: *Tak, rozmnażają się bezpłciowo.* Badacz: Co to znaczy? U4: *No wie Pani....*

No jak to powiedzieć... że nie muszą użyć seksu. Badacz: A jak to robią? U4: *Normalnie, rozdwarzają się!*

Z dodatkowych opisywanych czynności bakterii na uwagę zasługują poniższe wypowiedzi, wskazujące na postrzeganie tych prostych organizmów w kategoriach pewnej złożoności lub hierarchii:

- *one się komunikują, tzn. nie, że rozmawiają ze sobą, ale na pewno się komunikują;*
- *mają szefa bakterii, który rozdziela ataki i zabija nasze komórki, i mówi innym bakteriom, co mają robić.*

### **Czy bakterie są dobre czy złe? Dlaczego?**

Dokonując oceny, czy bakterie są dobre, czy złe, 46 badanych stwierdziło, że są złe. Większość uzasadnień, co nie jest zaskakujące, dotyczyła tego, że wywołują choroby. Uczniowie pisali: *bo są po to, żeby ludzie chorowali; atakują człowieka; są zabójcze*. Z nastawienia nieco bardziej ogólnego i jednocześnie bardziej wpisującego się w kategorię oceny uczniowie wymieniali: *bo szkodzą; bo żyją na koszt innych; sprawiają kłopoty*. Żadne dziecko nie określiło bakterii jako dobrych organizmów, natomiast aż 18 uznało je za jednocześnie dobre i złe. Powód do zaklasyfikowania ich jako „złych” był taki sam – wywołują choroby. Ciekawych informacji dostarczyły te fragmenty odpowiedzi, które dotyczyły argumentów przemawiających za korzystnym postrzeganiem tych organizmów. Pojawiały się tu trzy kategorie uzasadnień:

- 1) podające konkretne przykłady zasług bakterii w życiu codziennym: *bo tworzą ser, bo są bakterie mlekowe;*
- 2) podające bezpośrednie korzyści organizmu ludzkiego: *bronią organizm przed chorobami; sprawiają, że nasz organizm się nie leni i uczy się walczyć; są bakterie potrzebne w naszym pokarmie; są dobre i złe – złe, bo to zarazki, a dobre, bo nam pomagają i zjadają te złe – są jak przeciwciała;*
- 3) Wskazujące na ogólne zależności pomiędzy bakteriami a innymi organizmami: *bez nich nie moglibyśmy żyć; te dobre, jak jest ich parę i są w stadzie, to atakują te złe; zwalczają szkodniki.*

Przykład rozmowy:

Badacz: A jak miałbyś ocenić, czy bakterie są dobre czy złe, to jakiego wyboru byś dokonał?

Uczeń: *I takie, i takie.*

Badacz: A co to znaczy?

Uczeń: *Zależy, jakie bakterie.*

Badacz: Jak zależy?

Uczeń: *Zależy, jakie bakterie złe są, bo taka salmonella powoduje zatrucie pokarmowe, to raczej dobre nie jest, więc są złe. A dobre, pomagają zwalczać te złe... i może nie wiem.*

### **Co bakteria ma w środku? Jak wygląda?**

Pytanie to sprawiło badanym sporo kłopotów. Nie potrafili dokładnie powiedzieć, co bakterie mają w środku. Część badanych stwierdziła, że mają takie *miniorgany, miniserca, minijelita*. Inni z kolei twierdzili, że bakterie są za małe, żeby mieć własne organy, więc mają w środku małe kulki, które „robią im w środku życie”, „są do tego, by one żyły”, „są

do tego, by się ruszały i podzielały, i robiły inne rzeczy”. Było to pytanie z największą frakcją opuszczeń. Niemniej z ciekawych przykładów odpowiedzi można przytoczyć:

- *kropki w środku to jej organy – jak jej serce, ale to mogą też być zmiany na jej skórze, jak je coś zaatakuje – jak inne bakterie;*
- *a w samym środku oprócz organów jest taki mięsz;*
- *one są takie małe 2000x mniejsze mróweczki, które sobie żyją, a ich światem jest organizm – ale nie dla wszystkich, tężec np. żyje w ziemi;*
- *w środku, w ich ciele coś się dzieje – mają np. takie przemiany i się zmieniają;*
- *bakterie są małe, żywe, ale nie mają świadomości, bo są bez mózgu, za to szybko się rozmnażają;*
- *są groźne i są w ciemnych kolorach, żeby były widoczne;*
- *są brudne i groźne... mają tam dużo groźnego brudu;*
- *w środku ma atomy, które są i niby nie istnieją, ale ją budują.*

### **Co robią bakterie? Po co są w przyrodzie?**

Opisując co robią bakterie w przyrodzie, 53 osoby wskazały, że wywołują choroby. Równolegle pojawiały się różne odpowiedzi, które można podzielić na trzy kategorie:

- 1) wskazujące negatywną rolę bakterii, np.: *robią to, że ciągle kaszlesz i masz katar; są po to, by się brudzić, one to brud; męczą ludzi; rozprawdają zarazki; atakują układ immunologiczny; mała bakteria ma dużą siłę, więc kilka małych w grupie ma jeszcze większą siłę i może nas pokonać;*
- 2) wskazujące pozytywną rolę bakterii, np.: *są po to, by bakteriożyć, by organizm nasz się nie leniwił; uczą nas walczyć; zabijają szkodniki; zwalczają dla nas złe bakterie; dają jogurt obronny;*
- 3) wskazujące neutralne nastawienie i rolę, której nie da się zaklasyfikować ani do pozytywnych, ani do negatywnych oddziaływań, np.: *są wszędzie; żyją w każdym z nas; są na świecie po to, by pokazać, jak działają; chodzą po krzakach, po krzeglach; po to, żeby żyć.*

### **Jak dostają się do organizmu?**

Odpowiedzi na to pytanie wskazują na doświadczenie osobiste i obecność przekazu ustnego od dorosłych członków społeczeństwa na temat bakterii. Dzieci wskazywały nie tylko drogi szerzenia się tych organizmów – ale i objawy chorób. Nie wszystkie drogi i nie wszystkie wskazywane przez dzieci choroby są wywoływane przez bakterie (jak świerzb, kurczaki czy grypa). Ma to znaczenie o tyle, że w życiu dorosłym inaczej traktuje się choroby bakteryjne, a inaczej wirusowe. Niemniej przykłady tych odpowiedzi świadczą o pewnej świadomości dzieci i zdecydowanie mogą służyć jako cenne zasoby epistemologiczne w budowaniu wiedzy dotyczącej profilaktyki chorób zakaźnych.

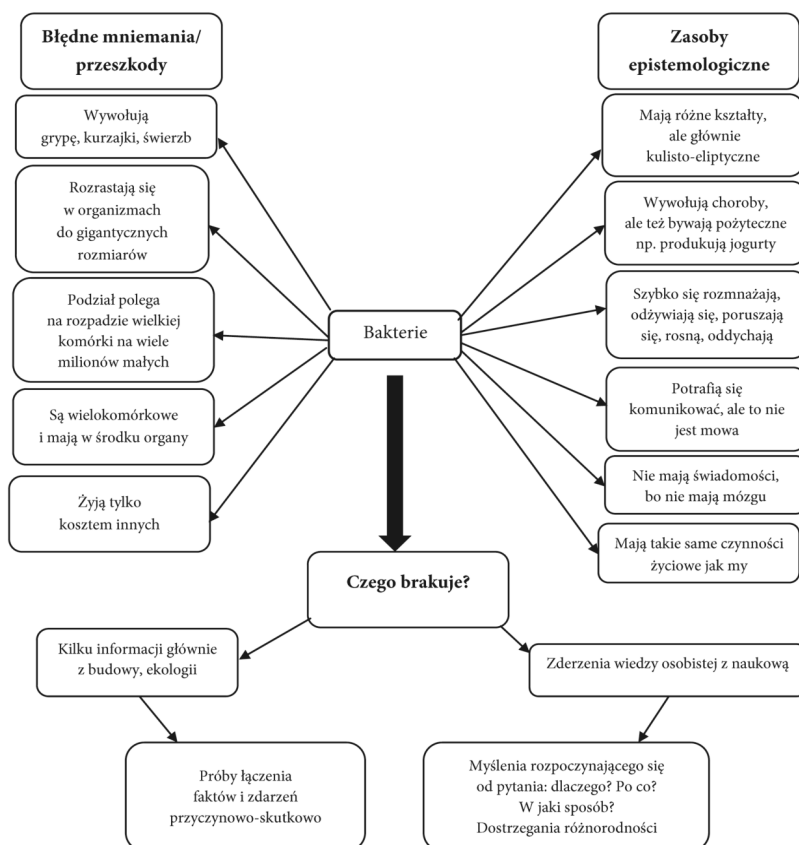
Przykłady odpowiedzi dzieci (zamieściłam oryginalną pisownię): *powodują to, że za pomocą dotykania roznoszą się; jak się dostaną wywołują ból brzucha i głowy; jak bakteria atakuje, to czuję się niedobrze, a się dostają do naszego organizmu przez ich cząstki; ktoś kaszlnie w nas i bakterie się wtedy przenoszą; dostają się przez ranę i w jedzeniu, też przez komary i robaki – jak much – muchy roznoszą bakterie; gdy się pobrudzimy, to mamy bakterie; one tak chcą się ugnieźdzać gdzieś w organizmie, tworzy się ich więcej*

*i więcej, aż cały organizm nie umrze, ale czasem się to nie udaje; dostają się przez otwór po pokaleczeniu; wychodziłem bez kurtki na dwór i narażałem organizm na ogromny wysiłek; nie myłam rąk i biegałam po kałużach; atakują przez skórę; zarażają przez nieświeże jedzenie; są małe, jak są w skórze, a jak się dostaną, to roznoszą zarazki i są duże.*

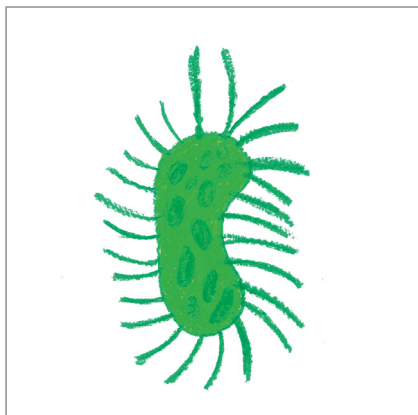
### Przykłady bakterii

Dzieci nie wymieniały za dużo przykładów bakterii – było to często omijane pytanie lub padała odpowiedź – *nie wiem*. Spośród innych odpowiedzi można przytoczyć takie jak: *bakterie brudnej buzi; brudnych rąk; tężec; jak ma się brudne ręce, to mogą być kurczaki, więc są bakterie kurczaki; dające nam kaszel i katar; od grypy; angina; świerzbic (! – świerzb); salmonella; zabijające szkodniki; tasiemiec – jak się ją zjada, to potem robi się duża; bakterie ziemskie; bakterie ludzkie; paciorkowce, gronkowce.*

Semantyczna mapa bakterii obecna w umysłach dzieci, opracowana na podstawie otrzymanych wyników, jest zaprezentowana na rycinie 3.



Rycina 3. Mapa semantyczna bakterii obecna w umysłach dzieci, opracowana na podstawie otrzymanych wyników, oraz wnioski z analizy wyników.



Praca 1. Rysunek 10-letniej dziewczynki, przedstawiający bakterię z rzęskami oraz „kulistymi” elementami wewnątrz bakterii.



A



B

Praca 2. A) Rysunek 11-letniego chłopca, przedstawiający różne bakterie m.in z dodatkowymi osłonkami wokół przedstawionych przez siebie wizerunków tych małych organizmów; B) Rysunek 11-letniej dziewczynki, przedstawiający różne bakterie m.in z dodatkowymi osłonkami wokół przedstawionych przez siebie wizerunków tych małych organizmów.

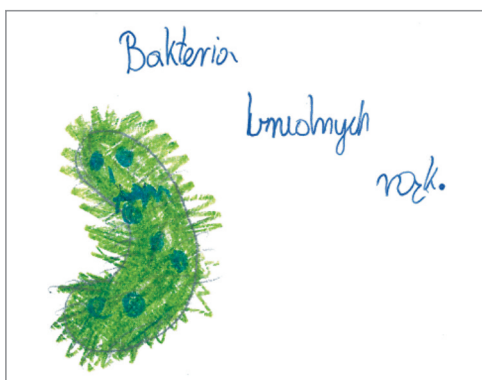


A



B

Praca 3. A) Rysunek 10-letniej dziewczynki, przedstawiający wizerunek bakterii z „rogami”; B) rysunek 10-letniej dziewczynki, przedstawiający wizerunek bakterii z nogami i oczami.

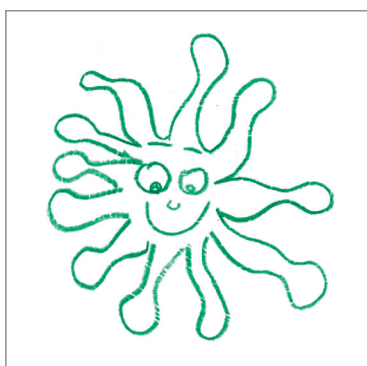


A



B

Praca 4. A) Rysunek 9-letniej dziewczynki przedstawiającej wizerunek bakterii z ustami; B) Rysunek 10-letniego chłopca przedstawiający wizerunek bakterii z ustami i zębami.

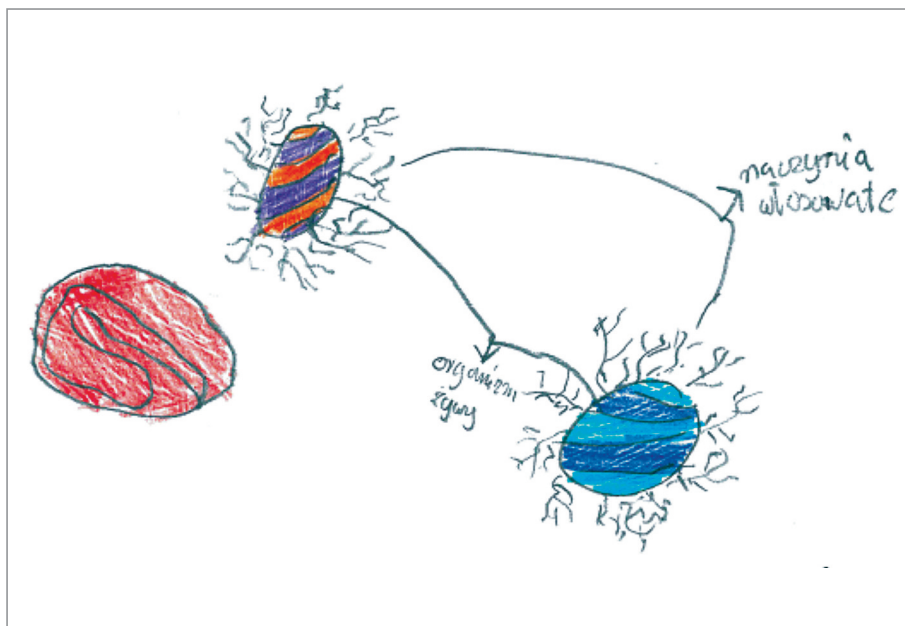


A

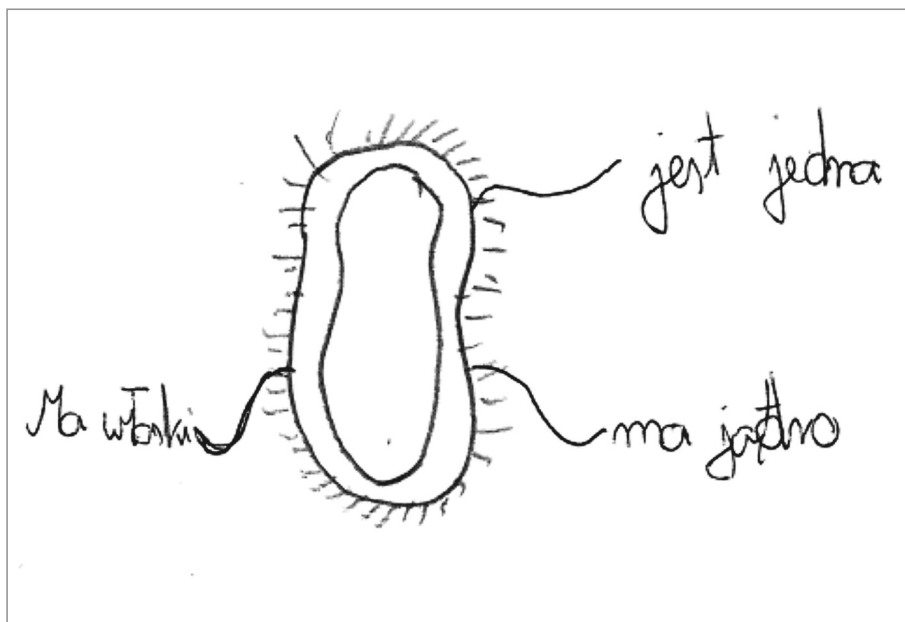


B

Praca 5. A) Rysunek 9-letniej dziewczynki, przedstawiający wizerunek bakterii z oczami; B) Rysunek 9-letniego chłopca, przedstawiający wizerunek bakterii z oczami i ustami.



Praca 6. Rysunek 11-letniej dziewczynki, przedstawiający wizerunek bakterii z naczyniami włosowatymi.



Praca 7. Rysunek 11-letniej dziewczynki, przedstawiający bakterię z jądrem komórkowym.



Płeć dzieci nie miała znaczenia w analizowanej grupie. Pewną korelację (0,3) stwierdzono jedynie między płcią a sposobem zarażania się drogą pokarmową. W analizie wypowiedzi, zarówno graficznych, jak i werbalnych, bardzo silne związki korelacyjne zaobserwowano pomiędzy obecnością błony i śluzu (1) oraz cech „antropogenicznych”, jak obecność ust i oczu (0,84). Silne związki korelacyjne występowały pomiędzy pozostałymi cechami antropogenicznymi (jak oczy i kończyny – 0,46, oczy i zęby – 0,56, oczy i nos – 0,53). Silny związek korelacyjny (0,74) występował również między poprawnymi biologicznie elementami łącznie na rysunku i umieszczeniem elementów drobnych wewnątrz komórki bakterii. Określanie bakterii jako chorobotwórczych korelowało na średnim poziomie ze stwierdzeniem, że bakterie są złe (0,42), oraz z cechami antropogenicznymi, jak narysowaniem oczu (0,32), ust (0,28) oraz zębów (0,24). Średnie związki korelacyjne odnotowano również pomiędzy określaniem bakterii jako złych organizmów a cechami antropogenicznymi (dla oczu – 0,44, ust – 0,33 oraz zębów – 0,35). Z kolei stwierdzenie, że bakterie mogą być dobre korelowało z umieszczeniem drobnych elementów wewnątrz komórki bakterii (0,42) oraz na identycznym poziomie (0,35) zarówno dla deklaracji przejścia chorób wywołanych przez bakterie, jak i dla deklaracji nie przechodzenia takowych. Podobnie średnie związki korelacyjne stwierdzono dla określenia, że bakterie nas atakują a sposobem zarażania się nimi drogą oddechową (0,44) oraz przez skórę (0,34). Słabe związki korelacyjne zaobserwowano pomiędzy klasyfikowaniem bakterii do żywych organizmów a sposobem zarażania się nimi drogą pokarmową (0,24). Z kolei klasyfikowanie ich jako nieożywionych elementów przyrody korelowało na średnim poziomie z możliwością zarażenia się nimi od innych chorych (0,49).

## DYSKUSJA

Mimo że młodsze dzieci mają wyraźną tendencję do postrzegania organizmów żywych z perspektywy antropocentrycznej i stosowania wnioskowania indukcyjnego (Carey, 1985) nawet w przypadku bakterii, to wyobrażenia o życiu tych drobnych organizmów są podobne w całej analizowanej grupie. Bakterie są przede wszystkim postrzegane jako groźne organizmy wywołujące choroby. Dość często nie są odróżniane od wirusów – zarówno na poziomie rozważania, czy są ożywionymi tworamami, czy nie, jak i na poziomie chorób, które wywołują.

Starsze dzieci (powyżej 10 lat), które widziały już reprezentacje bakterii obecne w podręcznikach szkolnych, przedstawiają je podobnie na własnych rycinach. Niemniej okryte tajemnicą dla nich pozostaje to, co dzieje się w środku tego tworu. Zdarza się, że nie kojarzą, iż narysowana przez nich elipsa to jedna komórka. Stwierdzają, że bakteria ma w środku organy i pokryta jest skórą. Świadczy to również o przeniesieniu wnioskowania indukcyjnego z człowieka na „inne żywe istoty”, ale na poziomie funkcjonalnym a nie stricte anatomicznym. Oznacza to jednocześnie, że na poziomie szkoły podstawowej myślenie dzieci w kategoriach biologicznych oparte jest bardziej na poszukiwaniu jedności, podobieństw wszystkiego co żyje, niż na docenianiu różnorod-

ności życia. Jednocześnie to właśnie te funkcjonalne aspekty w wiedzy osobistej uczniów stanowią doskonałe zasoby epistemologiczne, które mogą być wykorzystywane przy projektowaniu zajęć dotyczących różnorodności organizmów. Wniosek, który się tu nasuwa, wskazuje nam – dydaktykom – że lekcje o organizmach (jakichkolwiek) powinny rozpoczynać się od wykazania jedności, tego co mają wspólne, a następnie do stopniowego ukazywania odmienności.

Pewnym problemem dla dzieci jest również skala wielkości. Wyobrażają sobie bakterie jako małe stworzenia, ale jak małe, nie potrafią ocenić. Również wskazywanie, że rosną i to jak bardzo rosną, jest problematyczne. Jeden chłopiec wyjaśniał, że *w organizmie, jak zaatakuj nas bakteria, to rośnie tak duża, aż zajmuje całe płuca, i jak kichamy, to odrywamy jej kawalki, które już się tam nie mieszczą.*

Jeśli przyjmiemy, że „pojęcia rozumiane są jako mentalne symbole niosące pewne znaczenie” (Duch, 2011), to w przypadku pojęcia „bakterie” w analizowanej grupie dzieci ich znaczenie jest szerokie, płynne i silnie powiązane z wyobrażeniem człowieka, jako pierwszego wzorca organizmu – istoty żywej. Odnosząc się do wnioskowań Trzebińskiego (1981), można stwierdzić, że dla dzieci prototypem istoty żywej jest człowiek. Zarówno konceptualizacja, jak i kategoryzowanie pojęć są procesami uwarunkowanymi kulturowo. Pojęcie i kategoria mimo swojego charakteru rdzeniowego są bytami dynamicznymi, rozszerzającymi swoje zasięgi. W owym rozszerzaniu pojęć jedną z kluczowych ról odgrywa środowisko edukacyjne, proces doboru pojęć w toku edukacji, ich aktywizacji. Zaobserwowana nadwyżka semantyczna jest z punktu widzenia dydaktyki pewnym nadmiarem, ale jest również naturalnym budulcem pojęciowym, którego nie można ignorować w procesie edukacyjnym.

Można stwierdzić, że najwięcej zasobów epistemologicznych znajduje się w obszarach wiedzy związanych z funkcjami życiowymi i różnorodnością form czy kształtów bakterii. Słabiej zdecydowanie ukształtowana jest wiedza osobista uczniów dotycząca budowy wewnętrznej, ekologii, ewolucji i nawet znaczenia tych drobnych organizmów w gospodarce człowieka. O ile budowa wewnętrzna jest prosta do nauczenia, podobnie użyteczność dla człowieka, to najważniejsze i najtrudniejsze pytania w biologii rozpoczynają się od słowa: dlaczego? (Mayr, 2002). Te zaś zawsze są wyjaśniane z perspektywy ekologicznej i ewolucyjnej. Obie perspektywy nadają znaczenia wszystkiemu, co obserwujemy w biologii – zgodnie z twierdzeniem Theodosiusa Dobzhanskiego (1973), że w biologii sens mają tylko te zjawiska, które da się wyjaśnić z punktu widzenia ewolucji. Dzieci w wieku 7–13 lat są zdolne rozwijać myślenie przyczynowo-skutkowe, a ono właśnie jest niezbędne przy wyjaśnianiu zjawisk biologicznych. Stawianie przed dziećmi pytań, które będą wymuszać taki styl myślenia, nada nie tylko sens biologicznym treściom, ale umożliwi także wychodzenie poza strefę aktualnego rozwoju. Jest działaniem umożliwiającym poruszanie się w strefie najbliższego rozwoju (Wygotski, 1989). Przykładowo jedno pytanie, zadane przy okazji zajęć o bakteriach, dotyczące ich sukcesu ewolucyjnego – dlaczego bakterie są jedynymi organizmami, które mogą żyć praktycznie we wszystkich znanych nam środowiskach i mogą przetrwać tak wiele niekorzystnych dla nich warunków? – wymusza już spojrzenie na nie z punktu widzenia konstrukcyjnego. Co czyni je tak wyjątkowymi?

## WNIOSKI

Można pokusić się o stwierdzenie, że w myśleniu dzieci o bakteriach, zwłaszcza w młodszej grupie, funkcjonują one ciągle jako pseudopojęcia, jako łańcuchowe kompleksy obserwowanych i usłyszanych zdarzeń „okołobakteryjnych”. Wskazuje to na kluczową rolę nauczyciela i dorosłych w otoczeniu dzieci, którzy dostarczać mogą odpowiednie zaplecza werbalnego, pojęciowego w tworzeniu naukowego rozumienia bakterii i pojęcia bakteria. Jednakże owe konstrukty myślowe stanowią swoiste zasoby epistemologiczne, do których nauczyciele mogą się odwoływać projektując zajęcia dydaktyczne.

## BIBLIOGRAFIA

- Afeltowicz, Ł. (2012). *Modele, artefakty, kolektywy. Praktyka badawcza w perspektywie współczesnych studiów nad nauką*. Toruń: Wydawnictwo Naukowe UMK.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and instruction*, 16(3), 183–198.
- Bosch, M., Gascón J. (2006). Twenty-five years of the didactic transposition. *ICMI Bulletin*, 58, 51–65.
- Brown, D.E., Hammer, D. (2008). Conceptual change in physics. W: S. Vosniadou (red.), *International handbook of research on conceptual change* (s. 127–154). New York, NY: Routledge.
- Bruner, J.S. (1978). *Poza dostarczone informacje. Studia z psychologii poznawania*. Warszawa: PWN.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S., Smith, C. (1993). On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational Psychologist*, 28, 235–252.
- Carnap, R. (1950). *Logical foundations of probability*. Chicago, Ill: University of Chicago Press.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition Didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Dobzhansky, T. (1973), Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution. *American Biology Teacher*, 35(3): 125–129, JSTOR 4444260. Przedruk w: Zetterberg, J.P. (red.). (1983). *Evolution versus Creationism*, Phoenix, Arizona: ORYX Press.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational researcher*, 23(7), 5–12.
- Duch, W. (2011). Jak reprezentowane są pojęcia w mózgu i co z tego wynika. W: J. Bremer, A. Chuderski (red.), *Pojęcia. Jak reprezentujemy i kategoryzujemy świat* (s. 459–494). Kraków: Towarzystwo Autorów i Wydawców Prac Naukowych Universitas.
- Dylak, S. (2013). *Strategia kształcenia wyprzedzającego*. Poznań: Ogólnopolska Fundacja Edukacji Komputerowej.

- Dylak, S. (2013b). *Architektura wiedzy w szkole*. Warszawa: Difin.
- Fiantika, F.R. (2017). Representation Elements of Spatial Thinking. The 3rd International Conference on Mathematics, Science and Education 2016 IOP Publishing IOP Conf. *Journal of Physics: Conf. Series*, 824(2017) 012056. Pobrano 24 kwietnia, 2017, z <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/824/1/012056/pdf>
- Gilbert, J.K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. W: *Visualization in science education* (s. 9–27). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Hofer, B.K. (2000). Dimensionality and disciplinary differences in personal epistemology. *Contemporary educational psychology*, 25(4), 378–405.
- Hutchins, E. (2005). Material anchors for conceptual blends. *Journal of Pragmatics*, 37, 1555–1577.
- Hynd, C.R., Alverman, D.E. (1989). Overcoming misconceptions in science: An on-line study of prior knowledge activation. *Literacy Research and Instruction*, 28(4), 12–26.
- Johnstone, A. H. (1982). Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, 64(227), 377–379.
- Johnstone, A.H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701–705.
- Kirsh, D. (2010). Thinking with External Representations. *AI and Society*, 25(4), 441–454.
- Klus-Stańska, D. (2010). *Dydaktyka wobec chaosu pojęć i zdarzeń*. Warszawa: Wydawnictwo Akademickie „Żak”.
- Lemke, J.L. (2003). Mathematics in the middle: Measure, picture, gesture, sign, and word. W: M. Anderson, A. Saenz-Ludlow, S. Zellweger, V.V. Cifarelli (red.), *Educational perspectives on mathematics as semiosis: From thinking to interpreting to knowing* (s. 215–234). Ottawa: Legas Publishing.
- Linn, M.C., Hsi, S. (2000). *Computers, teachers, peers*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Mayr, E. (2002). *To jest Biologia. Nauka o świecie ożywionym*, Warszawa: Prószyński i S-ka SA.
- Smith, C.L., Maclin, D., Houghton, C., Hennessey, M.G. (2000). Sixth-grade students' epistemologies of science: The impact of school science experiences on epistemological development. *Cognition and Instruction*, 18, 349–422
- Trzebiński, J. (1981) *Twórczość a struktura pojęć*. Warszawa: PWN.
- Rybska, E., (2017). *Przyroda w osobistych koncepcjach dziecięcych – implikacje dla jej nauczania z wykorzystaniem rysunku*. Poznań: Kontekst.
- Waldrip, B., Prain, V., Carolan, J. (2010). Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science. *Research in Science Education*, 40(1), 65–80.
- Wiśniewska-Kin, M. (2016). Dziecięce rozumienie świata – w poszukiwaniu uzasadnień postępowania badawczego. *Problemy Wczesnej Edukacji*, 12(1, 32), 59–70.
- Wygotski, L.S. (1989). *Myslenie i mowa*. Warszawa: PWN.
- Wygotski, L.S. (2002). Rozwój myślenia i tworzenia pojęć w okresie dorastania. W: *Wybrane prace psychologiczne II. Dzieciństwo i dorastanie* (s. 221–304). Poznań: Zysk i s-ka.

**THE ROLE OF EXTERNAL REPRESENTATION  
IN RECOGNIZING CHILDREN'S PERSONAL CONCEPTS ABOUT BACTERIA:  
EDUCATIONAL IMPLICATIONS OF USING MICROORGANISMS  
IN DIDACTICAL CONTEXT**

**ABSTRACT:** In cognitive and pedagogical sciences, representations are quite often seen as mental reflections of the real world, while in science education research, more attention is being paid to external representations, often referred to MER (Multiple External Representations). Between mental representations and MER, there are mutual relationships that are not always used in formal education. This article presents an example of the use of external representations in the form of drawings to identify the personal knowledge of children ages 7 to 13 years about bacteria. Children were asked first to draw bacteria and label their parts and then to answer a few questions about them. The research and its results indicate not only the potential in drawing, but also provide valuable information in the form of epistemological resources in children's personal knowledge about microbes.

**KEYWORDS:** representations, Multiple External Representations, drawing, personal knowledge