

# Wykorzystanie teorii obciążenia poznawczego w projektowaniu multimedialnych materiałów edukacyjnych

MAŁGORZATA CIESIELSKA

Wydział Prawa i Komunikacji Społecznej, Uniwersytet Humanistyczno Społeczny SWPS\*

REMIGIUSZ SZCZEPANOWSKI

Instytut Psychologii, Dolnośląska Szkoła Wyższa\*\*

W artykule omówiono współczesne teorie obciążenia poznawczego, które, odwołując się do koncepcji ograniczonych zasobów poznawczych człowieka, stają się źródłem praktycznych wskazówek efektywnego projektowania materiałów edukacyjnych. W szczególności omówiono teorię obciążenia poznawczego oraz teorię uczenia się multimedialnego. W oparciu o założenia obydwu teorii przedstawiono zasady i rekomendacje projektowania materiałów edukacyjnych, jak również dokonano przeglądu badań empirycznych, prowadzonych w tym zakresie. W artykule skupiono się ponadto na analizie treści multimedialnych materiałów edukacyjnych, w tym przykładowych e-podręczników, których formy prezentacji mogą prowadzić do niekorzystnych efektów obciążenia poznawczego.

**SŁOWA KLUCZOWE:** obciążenie poznawcze, pamięć robocza, schematy poznawcze, teoria multimedialnego uczenia się, teoria obciążenia poznawczego.

## Wprowadzenie – kontekst edukacyjny

Współcześnie dzięki intensywnemu rozwojowi nowych technologii powszechne staje się uczenie on-line z wykorzystaniem wszelkiego rodzaju materiałów interaktywnych i multimedialnych. Począwszy od 2002 r. odsetek szkoleń prowadzonych za pośrednictwem e-learningu

wzrósł z poziomu 11 do 39% (Raport Amerykańskiego Towarzystwa Rozwoju Talentów ATD, 2014). Co więcej, zauważa się, że w ciągu prawie dziesięciu lat procent firm oferujących e-learning w programach rozwoju zawodowego wzrósł z poziomu 4 do 77% (stan na 2014 r.; Berger, 2014). Ten dynamiczny rozwój technologii interaktywnych i multimedialnych przyczynia się do bogactwa form i powstawania szeregu inicjatyw edukacyjnych<sup>1</sup>. W większości

\*E-mail: m.ciesielska@swps.edu.pl

\*\*E-mail: remigiusz.szczepanowski@dsw.edu.pl

<sup>1</sup> Wśród inicjatyw edukacyjnych można znaleźć m.in. portale wspomagające uczniów i nauczycieli, będące

elektronicznych materiałów edukacyjnych wykorzystuje się atrakcyjne sposoby prezentacji i formy zaangażowania użytkowników, m.in. poprzez obraz, narrację, animację, różne postaci interaktywności czy też rzeczywistość wirtualną. Wykorzystanie nowych technologii i zasobów cyfrowych staje także codziennością w polskich szkołach, m.in. dzięki rządowemu programowi „Cyfrowa szkoła”, który jest realizowany od 2012 r. ([www.men.gov.pl](http://www.men.gov.pl)). W jego ramach w roku szkolnym 2015/2016 udostępniono za pomocą platformy internetowej darmowe e-podręczniki, które obejmują wszystkie etapy kształcenia ogólnego (podręczniki dostosowane są do programu przed reformą edukacji z 2017 r.). Takie podręczniki stanowią bardzo urozmaicony materiał edukacyjny, zawierający m.in. ilustracje, efekty dźwiękowe, narracje, animacje, treści audio-wizualne oraz możliwość interakcji z użytkownikiem.

Jednakże bogactwo treści materiałów multimedialnych sprawia, że mimo interesujących i nowoczesnych sposobów ich prezentacji pojawiająca się nadmiarowość faktycznie może pogarszać efektywność uczenia się. Ryzyko zakłócenia procesu uczenia się dotyczy przede wszystkim najmłodszych uczniów, którzy szczególnie nie radzą sobie z nadmiarowymi treściami w materiałach edukacyjnych. W niniejszym artykule przedstawiamy założenia kognitywnych teorii uczenia się, w ramach

których proponuje się projektantom reguły, jakimi należy się kierować, aby materiały edukacyjne efektywnie wspierały procesy uczenia się. Zostaną omówione także przykłady badań empirycznych pokazujących skuteczność tych reguł i zasad postulowanych w omawianych teoriach. Zaprezentujemy również sugestie i zalecenia, jak skutecznie prezentować treści edukacyjne w e-podręcznikach, żeby spełnione zostały założenia kognitywnych teorii uczenia się.

### **Poznawcze teorie uczenia się a ograniczenia przetwarzania informacji przez człowieka**

Problematyka dostępności oraz ograniczeń zasobów poznawczych w procesach uczenia się stanowi jeden z ważniejszych obszarów badawczych psychologii oraz pedagogiki (Nosal, 1990). Na przykład w latach 50. ubiegłego wieku Miller (1955) wykazał eksperymentalnie, że ludzi cechuje ograniczona zdolność zapamiętywania informacji, gdyż w pamięci krótkotrwałej można jednocześnie przechowywać  $7 \pm 2$  elementy. W latach 70. XX w. badacze zaczęli wskazywać, że utrudnienia uczenia się mogą wynikać z ograniczonych zasobów uwagi. Jednym z pierwszych był Daniel Kahneman, laureat Nagrody Nobla, który w swoich doniosłych pracach dowodził, że ludzie dysponują ograniczoną pulą zasobów uwagi (Kahneman, 1973). Kolejnymi znaczącymi koncepcjami, opisującymi ograniczenia procesów uczenia się, uwzględniającymi również udział technologii multimedialnych w tych procesach są teoria multimedialnego uczenia się opracowana przez R. E. Mayera (Mayer i Moreno, 1998) oraz teoria obciążenia poznawczego Swellera (1988).

### **Teoria obciążenia poznawczego**

W teorii obciążenia poznawczego (ang. *cognitive load theory*) zaproponowanej przez

bazą wiedzy i materiałów, np. [www.muzykotekaskzolkna.pl](http://www.muzykotekaskzolkna.pl), [www.filmotekaskzolkna.pl](http://www.filmotekaskzolkna.pl) czy platformy e-learningowe wspierające ucznia lub studenta w indywidualnej nauce. Przykładem może być popularna na świecie platforma edukacyjna dla dzieci w wieku od 3 do 8 lat ABC Mouse ([www.abcmouse.com](http://www.abcmouse.com)). Pojawiają się także inicjatywy edukacyjne w mediach społecznych, np. *Khan Academy* ([www.pl.khanacademy.org](http://www.pl.khanacademy.org)), w których tematy szkolne omawiane są za pomocą wykładów i prostych animacji umieszczanych na kanale Youtube, a dla zarejestrowanych użytkowników istnieje możliwość zapisywania postępów, sprawdzania wiedzy lub pracy w wirtualnej klasie. Popularne są także specjalistyczne serwisy wspierające uczenie się, takie jak Lynda.com ([www.lynda.com](http://www.lynda.com)).

Swellera i współpracowników (Sweller, van Merriënboer i Paas, 1998) zakłada się, że właściwości pamięci roboczej przyczyniają się do ograniczenia procesów uczenia się, powodując powstawanie tzw. obciążenia poznawczego. Teoria ta głosi, że obciążenie jest rezultatem skończonej pojemności pamięci roboczej – por. kryterium Millera, tj.  $7 \pm 2$  elementy (Nosal, 1990). Ponadto w teorii tej zakłada się, że obciążenie poznawcze wynika z faktu, że w pamięci roboczej możemy równocześnie operować tylko na od 2 do 4 elementach (np. wykonywać operacje porównania ze sobą elementów). Trzeci czynnik powodujący obciążenie poznawcze wynika ze skończonego czasu przechowywania informacji w pamięci roboczej – informacje utrzymują się w tej pamięci tylko przez około 20 s (van Merriënboer i Sweller, 2005). Zgodnie z teorią obciążenia poznawczego przewiduje się, że efektywność uczenia się będzie zależeć od interakcji między pamięcią roboczą i pamięcią długotrwałą. W teorii przyjmuje się, że ograniczenia przetwarzania dotyczą przede wszystkim uczenia się nowych informacji, które nie są jeszcze ujęte w schematy poznawcze. Dlatego kluczowe dla zmniejszenia obciążenia pamięci roboczej jest organizowanie wiedzy w postaci schematów poznawczych wydobywanych z pamięci długotrwałej (van Merriënboer i Sweller, 2005).

Istotnym pojęciem w tej teorii, opisującym powstawanie obciążenia poznawczego, jest tzw. ładunek poznawczy. Autorzy tej koncepcji wymieniają trzy rodzaje ładunków: (1) ładunek nieodłączny (ang. *intrinsic load*), który opisuje obciążenie poznawcze o charakterze wewnętrznym (ang. *intrinsic cognitive load*). Wynika on z rodzaju i struktury wykonywanego zadania oraz doświadczeń uczącego się z podobnymi zadaniami wykonanymi wcześniej. Dlatego, w tym przypadku, ograniczenia uczenia się nie daje się usunąć wyłącznie przez zmianę instrukcji zadania. Aby zmniejszyć

obciążenie wewnętrzne, należy zmodyfikować lub zmienić zadanie (np. uprościć jego strukturę) lub też odpowiednio kierować procesem uczenia się (np. dostarczyć odpowiedzi przed wykonaniem zadania lub też podzielić materiał na części); (2) ładunek dodatkowy (ang. *extraneous load*), który opisuje powstawanie obciążenia o charakterze zewnętrznym (ang. *extraneous cognitive load*). Ładunek ten dotyczy obciążania systemu poznawczego, które wynika ze sposobu prezentacji i organizacji materiału edukacyjnego; (3) ładunek właściwy (ang. *germane load*) odnosi się do obciążania części zasobów pamięci roboczej, które wynika z konieczności poznawczej obróbki materiału edukacyjnego. Przykładowo, ładunek ten opisuje, jaka część zasobów pamięci roboczej będzie przeznaczana na konstruowanie schematów poznawczych (Merriënboer i Sweller, 2010).

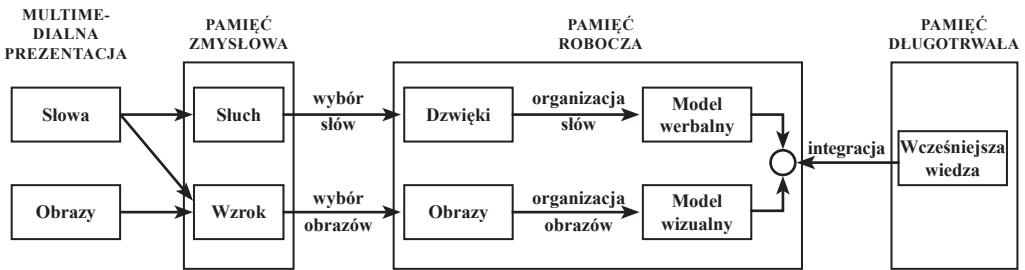
### Kognitywna teoria multimedialnego uczenia się

Drugą koncepcją koncentrującą się na optymalizacji procesów uczenia się poprzez zmniejszenie obciążenia poznawczego jest kognitywna teoria multimedialnego uczenia się (ang. *Cognitive Theory of Multimedia Learning*) (Mayer i Moreno, 1998). Kluczowe w tej teorii jest pojęcie multimedialnego uczenia się z wykorzystaniem materiału słownego i obrazowego<sup>2</sup>. Koncepcja ta opiera się na następujących założeniach: (1) kanały przetwarzania materiału werbalnego i wizualnego są niezależne; (2) ograniczenia przetwarzania informacji występują w każdym z kanałów; (3) uczenie się wymaga wykorzystania zasobów obydwu kanałów. Na Rysunku 1. przedstawiono diagram opisujący organizację struktur pozna-

<sup>2</sup> Słowa mogą być w formie wizualnej (np. tekst drukowany lub tekst na ekranie) lub w formie narracji; obrazy mogą być statyczne np. rysunki, wykresy, zdjęcia, lub ruchome np. animacje czy wideo.

wczyh zaangażowanych w uczenie się materiału multimedialnego w postaci słów i obrazów. Przebieg uczenia się opisuje się tutaj jako sekwencję czynności poznawczych przebiegających niezależnie w kanałach werbalnym i wizualnym. Oddzielne bloki na Rysunku 1. oznaczają następujące po sobie etapy przetwarzania informacji: (1) fizyczny odbiór reprezentacji słów oraz obrazów; (2) przetwarzanie reprezentacji w pamięci sensorycznej; (3) obróbkę reprezentacji w pamięci roboczej oraz (4) obróbkę nowych informacji w pamięci długotrwałej. Zatem zgodnie z kognitywną teorią multimedialnego uczenia się przetwarzanie informacji

odbywa się etapami. Na diagramie (Rysunek 1.) etapy przetwarzania związane są z następującymi czynnościami poznawczymi: (1) selekcja przetwarzanych informacji („wybór słów” lub „wybór obrazów”) w zależności od tego, czy uwaga jest kierowana na wrażenia słuchowe lub wrażenia wzrokowe; (2) konstruowanie spójnej reprezentacji poznawczej, werbalnej lub wizualnej („organizacja słów” lub „organizowanie obrazów”); (3) integrowanie nowej wiedzy w pamięci długotrwałej, uwzględniające przetworzony materiał werbalny i wizualny oraz wcześniej posiadaną wiedzę uczącego się (Mayer i Moreno, 2003).



Rysunek 1. Organizacja przetwarzania informacji według kognitywnej teorii multimedialnego uczenia się. Kierunek przetwarzania informacji oznaczony jest strzałkami. Górna część diagramu opisuje przetwarzanie materiału werbalnego. Przebieg przetwarzania materiału wzrokowego opisuje dolna część diagramu. Źródło: opracowanie własne na podstawie schematu z artykułu Mayer i Moreno (2003), s. 44.

W teorii multimedialnego uczenia się przyjmuje się, że na poziomie sensorycznym człowiek ma praktycznie nieograniczoną zdolność odbioru napływających informacji w postaci materiału słownego i obrazowego. Ma również nieograniczoną możliwość przechowywania wiedzy w pamięci długoterminowej. Ograniczenia przetwarzania dotyczą zatem przechowywania informacji w pamięci roboczej oraz możliwości mentalnego operowania informacjami. Dlatego zalecenia teorii dotyczące zwiększenia efektywności uczenia się koncentrują się głównie na próbach angażowania kanałów wzrokowego i słuchowego w uczenie się w sposób komplementarny

przy wykorzystaniu dostępnych zasobów pamięci roboczej.

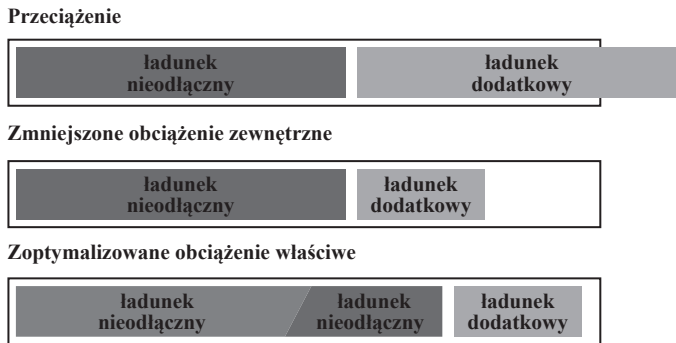
### Optymalizacja procesów uczenia się według teorii obciążenia poznawczego

Zgodnie z teorią obciążenia poznawczego (Sweller, 1988) zadania powinny być projektowane w taki sposób, aby obciążenie zewnętrzne minimalizować, obciążenie właściwe maksymalizować, natomiast obciążenie wewnętrzne należy optymalizować (Russo i Hopkins, 2017). Dlatego jeśli obciążenie zewnętrzne jest za duże, a obciążenie właściwe zbyt małe, uczenie się staje się nieefektywne. Na przykład gdy instrukcja

jest sformułowana przy użyciu skomplikowanego żargonu technicznego (ładunek dodatkowy zbyt duży), uczący się, w celu jej zrozumienia, będzie korzystać ze słownika, aby poznać użyte terminy i pojęcia, angażując dodatkowo pamięć roboczą, przez co mniej zasobów zostaje dostępnych na uczenie się (ładunek nieodłączny zbyt mały). Dlatego w celu optymalizowania uczenia się, należy także dostosować ładunek nieodłączny do właściwego poziomu, biorąc pod uwagę interakcję między trudnością zadania a posiadaną w danym zakresie wiedzą przez uczącego się (Sweller, 2010).

Zgodnie z teorią efektywność uczenia się w dużej mierze zależy od relacji między ładunkiem nieodłącznym i dodatkowym (patrz Rysunek 2.). Ponieważ ładunki mają charakter addytywny, ich sumowanie się może powodować przekroczenie zasobów pamięci roboczej, co w rezultacie prowadzi

do przeciążenia poznawczego. Obciążenie zewnętrzne wywołane ładunkiem dodatkowym można obniżyć poprzez odpowiednią modyfikację procedury instruktażowej – wówczas część zasobów pamięci roboczej może zostać uwolniona w celu przetworzenia ładunku nieodłącznego (van Merriënboer i Sweller, 2010). Przykładowo, gdy w zadaniu mamy dużo nowych informacji, a instrukcja zadania jest niejasna, może dojść do przeciążenia i uczący się nie będzie w stanie przyswoić nowych informacji. Jednakże, jak pokazują badania empiryczne, przy stosunkowo nieskomplikowanych zadaniach, cechujących się małym obciążeniem wewnętrznym, nawet gdy materiał edukacyjny przedstawiany jest w mało przystępny sposób, proces uczenia się zazwyczaj przebiega prawidłowo i nie ma potrzeby manipulowania obciążeniem zewnętrznym (van Merriënboer i Sweller, 2010).



Rysunek 2. Opis relacji między ładunkami wytwarzającymi obciążenia poznawcze podczas czynności uczenia się. Opracowanie własne na podstawie schematu z artykułu J. J. G. van Merriënboer. i J. Sweller. (2010), s. 88.

W teorii przyjmuje się także, że istotną przyczyną obciążenia pamięci roboczej jest interaktywność (ang. *interactivity*) elementów zadania (Sweller, 2010). Pojęcie interaktywności rozumie się tutaj jako wzajemne oddziaływanie struktur przetwarzanych informacji z już posiadaną wiedzą i doświadczeniem uczącego się (Merriënboer i Sweller, 2005). Niska interaktywność materiału pozwala na uczenie się poszczególnych

elementów z minimalnym odniesieniem do elementów posiadanej wiedzy, co wiąże się z niewielkim obciążeniem pamięci roboczej. Jako przykład takiej sytuacji J. Sweller (2010) podaje zadania uczenia się symboli chemicznych lub rzeczowników obcego języka. W zadaniach tego typu można wyuczyć się elementów nowej wiedzy bez odwoływania do już posiadanej (np. wiedzy o reakcjach chemicznych czy znajomości gramatyki

języka). Dlatego niski poziom interakcyjności zadania, mimo faktu, że zadanie samo w sobie może być trudne, powoduje, że pamięć robocza nie będzie nadmiernie obciążana. Jednak w przypadku materiału o wysokiej interakcyjności (np. podczas uczenia się równań różniczkowych), gdy wiele elementów oddziałuje na siebie, poziom interakcyjności będzie wysoki, a pamięć robocza będzie obciążana.

W zależności od wiedzy i doświadczenia uczącego interaktywność zadania może się zmieniać. Przykładowo dla dziecka zaczynającego naukę czytania, pojedyncze litery stanowią odrębny element interakcji, tzn. aby odczytać tekst, uczeń rozpoznaje poszczególne znaki, odnosząc się do posiadanej wiedzy na temat liter, następnie rozpoznając kolejne znaki, dokonuje syntezy, łącząc je w sylaby i słowa. Dlatego w początkowym etapie nauki czytania dzieci skupiają się głównie na dekodowaniu liter, a nie na rozumieniu tekstu. Natomiast dla dorosłego podczas lektury tekstu elementem interakcji są całe zestawienia słów czy zwrotów, ponieważ doświadczony czytelnik nie musi dekodować poszczególnych liter, rozpoznaje je automatycznie (Sweller, 2010). Gdy uczący się ma doświadczenie w rozwiązywaniu zadań o pewnym powtarzającym się wzorcu, nowe zadanie w znanej już formie będzie odbierane jako cechujące się mniejszą interaktywnością niż przez osobę, która ma po raz pierwszy do czynienia z takim zadaniem.

### **Uczenie się ze zrozumieniem a procesy nabywania wiedzy**

Jak już wcześniej pisaliśmy, w teorii obciążenia poznawczego zakłada się, że procesy uczenia się zależą od pojemności pamięci roboczej oraz wiedzy w postaci dostępnych schematów poznawczych (Tovcasio i Sweller, 2010). W teorii multimedialnego uczenia się (Mayer i Moreno, 2003) pojawia się ponadto pojęcie uczenia ze zrozumieniem (ang. *meaningful*

*learning*), które oznacza, że wyuczany materiał organizowany jest w spójną strukturę w postaci schematów, które zostają zintegrowane z wcześniej nabytą wiedzą w pamięci długotrwałej. Umiejętność uczenia się ze zrozumieniem wykorzystuje się zwłaszcza w nowych sytuacjach, gdy mamy możliwość zastosowania nowej wiedzy w nowym kontekście. W badaniach empirycznych umiejętność uczenia się ze zrozumieniem sprawdza się, wykorzystując ocenę transferu nowej wiedzy (ang. *transfer test*), tj. ocenę umiejętności rozwiązywania nowych problemów z użyciem dopiero co przyswojonego materiału edukacyjnego (Mayer i Moreno, 2003).

Ważnym elementem tej teorii jest pojęcie wiedzy specjalistycznej (ang. *expertise*). Wiedza ta tworzy się, gdy proste struktury są ujmowane w złożone schematy poznawcze, a w rezultacie wielokrotnego posługiwania się tymi schematami pojawia się ich automatyzacja (van Merriënboer i Sweller, 2010). Zautomatyzowany schemat pozwala zatem efektywnie zarządzać procesami pamięci roboczej, oszczędzając jej zasoby na inne czynności poznawcze (van Merriënboer i Sweller, 2005). Przykładem tego typu może być wiedza doświadczonego szachisty, dla którego całościowe układy szachowe stanowią pojedyncze zautomatyzowane schematy, natomiast dla niedoświadczonego gracza każdy poszczególny ruch jest odrębnym źródłem obciążenia poznawczego. Ze względu na kluczową rolę schematów poznawczych w tworzeniu się wiedzy specjalistycznej, zadania należy konstruować w taki sposób, aby nowe informacje nawiązywały do już istniejących schematów (van Merriënboer i Sweller, 2010). Na przykład, chcąc wyjaśnić uczniom twierdzenie Pitagorasa, warto się odwołać do schematu poznawczego związanego z pojęciem pola kwadratu, a wyjaśniając prawa fizyki o istnieniu wypadkowej sił składowych można przywołać doświadczenie związane z wnoszeniem dużych, ciężkich mebli po schodach.

### Zasady i strategie projektowania materiałów edukacyjnych zalecane przez teorię obciążenia poznawczego

W ramach teorii obciążenia poznawczego formułuje się praktyczne zalecenia dla projektantów materiałów edukacyjnych. Pogrupowane zasady i strategie

projektowania zadań edukacyjnych w zależności od rodzajów obciążenia poznawczego przedstawiono w Tabeli 1. (van Merriënboer i Sweller, 2010). W tej części artykułu szerzej zostaną omówione zasady i strategie istotne dla projektowania materiałów edukacyjnych na przykładzie badań empirycznych oraz e-podręczników.

Tabela 1

Zasady projektowania i strategie zalecane przez teorię obciążenia poznawczego

Zasady obniżania obciążenia zewnętrznego	
1. Zasada swobodnie definiowanych zadań (ang. <i>goal-free principle</i> )	Polega na zastępowaniu zadań o określonym, konkretnym celu takimi zadaniami, które nie mają wyraźnie sprecyzowanego celu. Np. zastąpienie polecenie „Podaj najbardziej prawdopodobne wyjaśnienie etiologiczne objawów” na „Podaj jak najwięcej wyjaśnień etiologicznych tych objawów” (por. van Merriënboer i Sweller 2010).
2. Zasada sprawdzonych przykładów (ang. <i>worked example principle</i> )	Polega na zastępowaniu klasycznych zadań wymagających od uczących się samodzielnej pracy z zadaniami, które opierają się na analizowaniu i wypracowywaniu konkretnych rozwiązań na przykładach znanych z życia.
3. Zasada uzupełnienia/dokończania (ang. <i>completion principle</i> )	Polega na wprowadzeniu do materiałów edukacyjnych zadań, których rozwiązanie jest już częściowo podane, a uczący się mają je dokończyć lub uzupełnić.
4. Zasada podzielności uwagi (ang. <i>split attention principle</i> )	Zaleca zastępowanie wielu źródeł informacji rozproszonych przestrzennie (przestrzenna podzielność uwagi) albo rozłożonych w czasie (czasowa podzielność uwagi) jednym zintegrowanym źródłem informacji pod względem przestrzennym lub czasowym.
5. Zasada modalności (ang. <i>modality principle</i> )	Zaleca zastępowanie tekstu objaśniającego obraz w formie drukowanej za pomocą tekstu mówionego w postaci narracji.
6. Zasada redundancji (ang. <i>redundancy principle</i> )	Zaleca zastępowanie kilku niezależnych źródeł informacji dla wybranego zagadnienia jednym źródłem informacji. Takie podejście poprzez ograniczenie nadmiarowości informacji obniża obciążenie zewnętrzne. Dlatego rekomenduje się unikanie projektowania materiałów z równoczesnym prezentowaniem tego samego tekstu w formie drukowanej i narracji (Clark i Mayer, 2011).

<b>Strategie zarządzania obciążeniem wewnętrznym</b>	
7. Strategia od prostego do złożonego materiału (ang. <i>simple-to-complex strategy</i> )	Polega na wprowadzeniu zadań, w których w pierwszej kolejności prezentuje się tylko pojedyncze elementy zadania (niska interaktywność), następnie stopniowo wprowadza się bardziej złożone, a w końcowym etapie te o największej złożoności.
8. Zasada od niskiej do wysokiej wierności materiału (ang. <i>low- to high-fidelity strategy</i> )	Zaleca, aby do materiałów edukacyjnych w pierwszej kolejności wprowadzać prezentacje o niższej wierności, tj. uproszczone, z mniejszą liczbą oddziałujących elementów, a następnie stopniowo przechodzić do prezentacji o wyższej wierności. Przykładowo studenci medycyny, ucząc się diagnozy pacjentów, powinni zaczynać naukę od opisu przypadków, następnie powinni korzystać z symulacji komputerowych, wykonując diagnozę z udziałem symulowanych pacjentów, a dopiero na końcu diagnozować realnych pacjentów (van Merriënboer i Sweller, 2010).
<b>Zasady optymalizacji obciążenia właściwego</b>	
9. Zasada zmienności (ang. <i>variability principle</i> )	Zaleca takie organizowanie przykładów, aby te bezpośrednio sąsiadujące ze sobą były zróżnicowane. Taka zmienność sytuacji zadaniowej polepsza tworzenie się schematów poznawczych, uczy wyodrębniania i identyfikowania istotnych cech oraz tworzenia kategorii. Na przykład opisując w zadaniu konkretny symptom kliniczny do zdiagnozowania, najlepiej zilustrować go przykładami pacjentów o różnej płci, wieku, budowie ciała, historii choroby itp. (van Merriënboer i Sweller, 2010).
10. Zasada interferencji kontekstowej (ang. <i>contextual interference principle</i> )	Zaleca organizowanie zadań w programie uczenia w taki sposób, ażeby zadania bezpośrednio sąsiadujące ze sobą wymagały od uczącego się angażowania różnych umiejętności. Dlatego zadania w różnych wariantach, ale z tymi samymi ćwiczeniami, należy ułożyć w sposób losowy, a nie grupować.
11. Zasada efektu samowyjaśnienia (ang. <i>self-explanation principle</i> )	Polega na samodzielnych próbach wyjaśniania nabywanych pojęć przez uczącego się i przez to włączaniu w proces uczenia się elementów posiadanej już wiedzy. Przykładem tutaj mogą być zadania z podpowiedziami.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: J. J. G van Merriënboer i J. Sweller, (2010), s. 89.

### **Zmniejszanie obciążenia poznawczego rekomendowane przez multimedialną teorię uczenia się**

W teorii multimedialnego uczenia się (Mayer i Moreno, 2003) postuluje się szereg praktycznych reguł i zasad obniżania ob-

ciążenia poznawczego. Skuteczność tychże reguł potwierdzają liczne badania empiryczne prowadzone w różnych ośrodkach badawczych na przestrzeni wielu lat (m.in. Sung i Mayer, 2012; Boucheix, Lowe, Kemala-Putri i Groff, 2013; Hasler, Kersten i Sweller, 2007), np. w ramach 12-letniego



programu badawczego realizowanego na Uniwersytecie Kalifornijskim w Santa Barbara (patrz Moreno i Mayer, 2003). W Tabeli 2. zestawiono zasady sformułowane przez Mayera (2017), opisujące sposoby zmniejszenia obciążenia poznawczego wraz z miarami siły efektu (ang. *effect size*), służącymi do pomiaru siły oddziaływania użytych zasad i reguł na efektywność uczenia się. Jedną z podstawowych miar wielkości efektu jest tutaj parametr *d*-Cohena, który umożliwia

porównanie wyników testów uczenia się między grupą eksperymentalną, poddaną oddziaływaniu danej techniki redukcji obciążenia, i grupą kontrolną bez manipulacji. Przyjmuje się, że wielkość efektu  $d = 0,20$  jest mała,  $d = 0,50$  średnia, a w przypadku  $d = 0,80$  duża (Cohen, 1988). W przypadku badań obniżania obciążenia poznawczego uczenia się większość technik (patrz Tabela 2.) pozwala osiągać wielkość efektu *d* powyżej wartości 0,40 (Mayer, 2017).

Tabela 2

Zasady projektowania rekomendowane przez kognitywną teorię multimedialnego uczenia się

<b>Pięć zasad zmniejszających nieistotne przetwarzanie</b>		Wielkość efektu
1. Czasowego uporządkowania	Zaleca symultaniczne prezentowanie narracji i obrazu, jak również unikanie oddzielnej formy ich prezentacji, tj. prezentacji tekstu mówionego na zmianę z obrazem.	1,30
2. Redundancji	Zaleca unikanie równoczesnej prezentacji materiałów edukacyjnych o tej samej treści w formie tekstu mówionego i wyświetlanego.	0,87
3. Spójności przestrzennej	Mówi o tym, że treści opisujące grafikę mają być umieszczone w bezpośrednim sąsiedztwie elementów grafiki, do których się odnoszą.	0,79
4. Koherencji	Polega na projektowaniu materiałów edukacyjnych bez wprowadzania dodatkowych informacji mających zaciekać uczących się.	0,70
5. Sygnalizacji	Polega na wskazaniu uczącemu fragmentów, na jakich ma się skupić w danym momencie, np. na animacji, oraz wskazuje, co jest istotne w materiale edukacyjnym, np. poprzez podkreślenie pojęć kluczowych.	0,46
<b>Zasady zarządzania niezbędnym przetwarzaniem</b>		
6. Modalności	Zasada ta mówi o tym, że przyswajanie materiału jest lepsze, jeśli prezentowane słowa są wypowiedane, a nie wyświetlane na ekranie.	0,72
7. Segmentowania	Zaleca podział materiału edukacyjnego na części w taki sposób, aby można było kontrolować czynności uczenia się. Np. poprzez zastosowanie w e-learningu przycisku „Dalej”; aby uczący się sam decydował o tempie uczenia się.	0,70

8. Treningu wstępnego	Polega na wprowadzeniu do materiałów edukacyjnych w fazie treningu wstępnego, przed zasadniczym uczeniem się nowych treści; podczas treningu uczący się może poznać termin istotny dla uczenia się bardziej złożonych treści.	0,46
<b>Trzy zasady wspierania przetwarzania generatywnego (właściwego)</b>		
9. Personalizacji	Zasada ta polega na używaniu komunikatów w formie pierwszej i drugiej osoby (np. używając formy „ja”, „my” i „ty”) zarówno podczas narracji, jak i w tekście wyświetlanym na ekranie.	0,79
10. Nagranego głosu	Zaleca, aby narracja była prezentowana w formie nagranego wcześniej głosu lektora, a nie jego komputerowego odpowiednika.	0,74
11. Wcielenia	Zaleca, aby prezynter używał w animacji lub filmie ruchów i gestów zrozumiałych przez uczącego się. W przypadku zastosowania rysunku podczas prezentacji rekomenduje, aby na bieżąco go tworzyć w trakcie omawiania zagadnienia.	0,36

Źródło: opracowanie własne na podstawie: R. E. Mayer, (2017), s. 406–415.

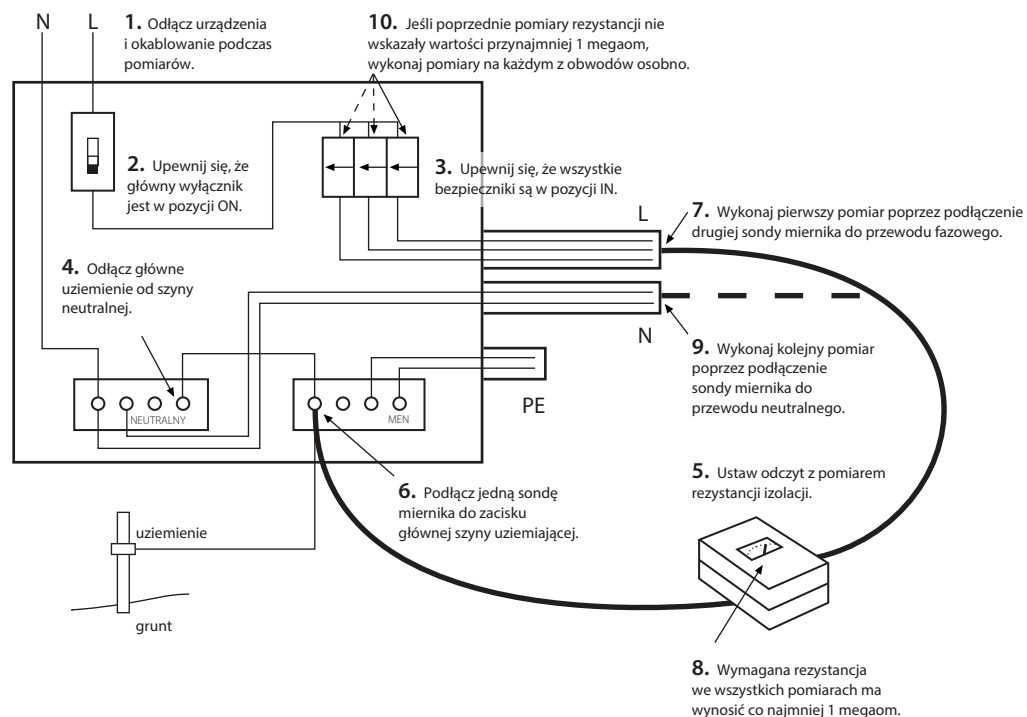
### **Projektowanie graficznych materiałów edukacyjnych w myśl poznawczych teorii uczenia się**

W tej części artykułu szczegółowo opiszemy zasady, które według nas są istotne dla graficznego projektowania materiałów edukacyjnych. W pierwszej kolejności odniesiemy się do dwóch zasad rekomendowanych przez teorię obciążenia poznawczego Swellera (1988). Zaczniemy od zasady podzielności uwagi, która dotyczy sposobów wizualnego rozmieszczenia materiałów edukacyjnych, w szczególności przedstawiania informacji graficznych takich jak schematy, wykresy, diagramy, przekroje, ryciny, grafiki, zdjęcia oraz ich powiązanie z tekstem, do którego się odnoszą (Tabela 1. poz. 4). Na przykład wpływ podzielność uwagi na efektywność uczenia się podczas uczenia się sprawdzali empirycznie m.in. Chandler i Sweller (1991). W jednym z eksperymentów badacze analizowali postępy

uczenia się podczas szkolenia dotyczącego bezpieczeństwa instalacji elektrycznej. Osoby z grupy eksperymentalnej otrzymywały materiały szkoleniowe, w których treść i schemat były tak zmodyfikowane, aby opisy znajdowały się w bezpośredniej bliskości elementów graficznych. W grupie kontrolnej wykorzystano standardowe materiały edukacyjne oddzielnie prezentujące schemat i opis instalacji, który umieszczono nad grafiką (Rysunki 3. i 4.). Badania wykazały, że lepsze wyniki osiągnęła grupa posługująca się zmodyfikowaną formą materiałów edukacyjnych. W tej grupie badani nie rozpraszali zasobów uwagi na poszukiwanie fragmentów schematu odpowiadających opisowi (obniżenie obciążenia zewnętrznego). Ponadto więcej zasobów pamięci roboczej było zaangażowanych w radzenie sobie z przetwarzaniem ładunku nieodłącznego (optymalizacja ładunku nieodłącznego, wynikająca z przetwarzania samej treści materiału edukacyjnego).

# POMIARY REZYSTANCJI

## a) POMIARY PRZEWODZENIA W INSTALACJACH STAŁYCH



Rysunek 3. Przykład materiału ze zintegrowaną treścią słowną i obrazową.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: P. Chandler i J. Sweller, (1991), s. 300.

# POMIARY REZYSTANCJI

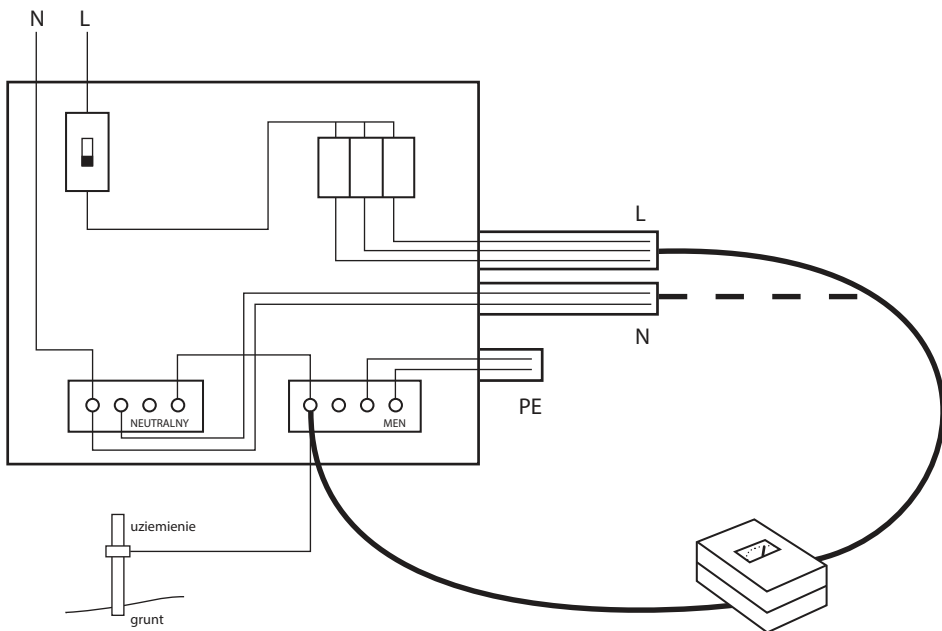
## a) POMIARY PRZEWODZENIA W INSTALACJACH STAŁYCH

Sposób przeprowadzenia pomiaru:

- i) Odłącz urządzenia i okablowanie podczas pomiarów. Upewnij się, że główny wyłącznik jest w pozycji ON i wszystkie bezpieczniki są w pozycji IN. Odłącz główne uziemienie od szyny neutralnej. Ustaw odczyt z pomiarem rezystancji izolacji. Podłącz jedną sondę miernika do zacisku głównej szyny uziemiającej. Wykonaj pierwszy pomiar poprzez podłączenie drugiej sondy miernika do przewodu fazowego. Wykonaj kolejny pomiar poprzez podłączenie sondy miernika do przewodu neutralnego.
- ii) Jeśli uzyskany opór nie jest wystarczająco duży w żadnym z dwóch pomiarów w punkcie i), wykonaj pomiary każdego obwodu osobno.

Wymagane wartości pomiaru rezystancji izolacji:

- i) Przynajmniej jeden megaom.
- ii) Ten sam wynik pomiaru taki jak i) powyżej.



Rysunek 4. Przykład standardowy.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: P. Chandler i J. Sweller, (1991), s. 300.

Drugą ważną zasadą projektowania treści edukacyjnych jest uwzględnienie zasady redundancji (Tabela 1. poz. 2). Zasada ta stanowi, że podczas uczenia się należy wyeliminować informacje nieistotne dla zadania, szczególnie te, które się powtarzają, ponieważ przetwarzanie wielu źródeł informacji generuje obciążenie zewnętrzne (Sweller, 2005). Zgodnie z teorią usunięcie nieistotnych informacji powinno zmniejszyć obciążenie pamięci roboczej, uwalniając przy tym dodatkowe zasoby na obróbkę ładunku wewnętrznego. W wielu badaniach empirycznych wykazano, że nadmiarowość informacji może się przejawiać w różnych formach, np. przez równoczesne przetwarzanie informacji graficznej w postaci diagramu wraz z tekstem, który opisuje, co znajduje się na diagramie (Chandler i Sweller, 1991) lub równoczesne słuchanie i czytanie tego samego tekstu (Kalyuga, Chandler i Sweller, 2004). W innych badaniach nadmiarowości w przypadku nauki języka obcego wykazano, że wyższy poziom rozumienia języka mówionego osiągnęli uczniowie, którzy w procesie uczenia się otrzymali do nauki materiał mówiony (uczenie się ze słuchu) bez angażowania tekstu drukowanego (Diao, Chandler i Sweller, 2007; Diao i Sweller, 2007). Interesującym badaniem efektu redundancji była seria trzech eksperymentów, przeprowadzona przez Torcasio i Swellera (2010), którzy sprawdzali wpływ ilustracji graficznych na naukę czytania dzieci w wieku od 6 do 7 lat. W pierwszym eksperymencie przyjęto hipotezę, że podczas nauki czytania prezentacja dodatkowej ilustracji zwiększy obciążenie poznawcze, negatywnie wpływając na proces rozpoznawania liter. W wyniku badań stwierdzono, że grupa, która uczyła się czytać na podstawie materiałów zawierających ilustracje i tekst popełniała więcej błędów w testach umiejętności czytania niż grupa, która otrzymała wyłącznie sam

tekst do nauczenia się. W drugim eksperymencie wykazano, że dzieci, które podczas nauki czytania otrzymały materiały z ilustracjami niezwiązanymi z tekstem, osiągały lepsze wyniki nauki czytania aniżeli dzieci, które uczyły się na podstawie materiałów ilustracyjnych związanych z treścią do przeczytania. W trzecim eksperymencie wykazano, że nie ma różnic w nauce czytania na podstawie materiałów zawierających ilustracje niezwiązane z treścią oraz materiałów bez ilustracji. Pokazane w tych eksperymentach różnice wskazują, że w przypadku czytanki z ilustracją, która nawiązuje do nauczanych treści, uwaga dziecka skupia się na warstwie wizualnej materiału i dziecko poszukuje jakichkolwiek wskazówek czy podpowiedzi dotyczących przetwarzanego tekstu, ograniczając w ten sposób zasoby przeznaczone na czynność dekodowania liter. Powyższe rezultaty dowodzą, że obecność ilustracji w materiałach do nauki czytania dla dzieci może wywoływać efekt redundancji, ale tylko w przypadku, gdy prezentowane bodźce wzrokowe są powiązane z treścią czytanki, natomiast gdy obraz i tekst nie są powiązane ze sobą, dziecko może je zignorować, przeznaczając więcej zasobów na uczenie się treści.

Praktyczne wskazówki dla projektantów materiałów edukacyjnych wynikają również z założeń teorii multimedialnego uczenia się (Mayer i Moreno, 1998). Jako pierwsza zostanie omówiona zasada redundancji (Tabela 2. poz. 2), analogiczna do zasady zaproponowanej przez Swellera (2005) (Tabela 1. poz. 6). W myśl tej zasady nie należy powtarzać tych samych treści w odmiennych formach (np. tekst drukowany i narracja), ponieważ mogą one rywalizować o zasoby uwagi podczas czynności ich porównywania. Okazuje się, że w przypadku materiałów graficznych, najbardziej skuteczną formą przekazania treści edukacyjnych jest nagranie dźwiękowe. Pozwala

to na efektywne przetwarzanie treści w obu kanałach równocześnie bez przeciążania pamięci roboczej. Wpływ redundancji na uczenie się potwierdzono w licznych badaniach, które wyraźnie pokazały, że lepsze wyniki w testach transferu nowej wiedzy i rozumienia osiąga się, gdy materiał zawiera tylko grafikę i narrację niż w przypadkach prezentacji zawierających zarówno grafikę, tekst w formie narracji, jak również tekst wyświetlany na ekranie (Austin, 2009; Craig, Gholson i Driscoll, 2002; Jamet i Le Bohec, 2007). Aczkolwiek w innych badaniach eksperymentalnych wykazano, że wprowadzenie ograniczonej liczby słów (jednego lub dwóch) do animacji z narracją lub opowiadanego wykładu może poprawiać efektywność uczenia się (Mayer i Johnson, 2008).

W graficznym planowaniu rozmieszczenia elementów w materiałach edukacyjnych istotna jest także zasada spójności przestrzennej opisująca zależności tekstu i grafiki (Tabela 2. poz. 3). Zgodnie z tą zasadą tekst powinien być umieszczony blisko fragmentu grafiki w taki sposób, aby uczący się nie angażowali niepotrzebnie zasobów poznawczych na przeszukiwanie przyswajanego materiału. Wpływ spójności przestrzennej na uczenie się był przedmiotem badań przeprowadzonych przez Moreno i Mayera (1999). W badaniach tych wykazano, że uczenie się na podstawie animacji zintegrowanych z tekstem prowadziło do lepszych wyników w zadaniach transferu wiedzy aniżeli w przypadku użycia animacji, w których tekst prezentowano oddzielnie. Podobne zależności zaobserwowano w przypadku materiałów prezentowanych w książkach, w których tekst i ilustracje przedstawiano oddzielnie (Mayer, 2001).

Kolejnym ważnym zaleceniem dla projektanta jest zasada koherencji, która mówi, że dodatkowe informacje, ale nieistotne dla zadania, mające zaciekać

uczącego się, w rezultacie przynoszą odwrotny skutek, ograniczając zasoby poznawcze (Tabela 2. poz. 4). Badania dobitnie pokazują, że uczenie się na podstawie materiałów bez prezentowania nadmiaru treści prowadzi do lepszych wyników w testach transferu wiedzy i rozumienia, w porównaniu do uczenia się na podstawie prezentacji z dodatkowymi informacjami (Mayer, Griffith, Jurkowitz i Rothman, 2008; Sung i Mayer, 2012). Ponadto badania dowodzą, że im bardziej informacja dodatkowa jest interesująca dla uczących się, tym bardziej efekt koherencji zwiększa się (Mayer i in., 2008). Omawianą zasadę dobrze ilustrują eksperymenty wg Moreno i Mayera (2000), w których jedna grupa otrzymała instrukcję w postaci krótkiego tekstu, natomiast druga grupa posługiwała się analogiczną instrukcją, ale uzupełnioną o poboczne, nieistotne dla zadania treści. Okazało się, że grupa ucząca się na podstawie materiałów zawierających dodatkowe, nieistotne informacje uzyskała znacznie gorsze wyniki uczenia się (Moreno i Mayer, 2000).

Ostatnia ze wskazówek, którą chcemy tutaj omówić, dotyczy wykorzystania zasady sygnalizacji pokazującej, jak można dokonać szybkiej selekcji najważniejszych informacji w prezentowanych materiałach (Tabela 2. poz. 5). Sygnalizacja może przyjąć formę wokalną (kanał słuchowy), jak również wzrokową (kanał wizualny). Stosuje się ją w materiałach przez użycie form wizualnych w postaci podkreśleń, nagłówków, strzałek, kolorów, podświetleń, a także form dźwiękowych w postaci intonacji, głośności, efektów akustycznych. W ten sposób sygnalizowanie przyczynia się do przejrzystej struktury zadania, co powoduje, że uczący się zachowuje więcej zasobów poznawczych na organizację i integrowanie przyswajanych treści. Na przykład wpływ sygnalizacji na obciążenie poznawcze sprawdzali

empirycznie Mautone i Mayer (2001). Na potrzeby tego badania badacze przygotowali 4-minutową animację, która wyjaśniała, w jaki sposób samolot osiąga siłę nośną. W grupie eksperymentalnej wersja animowanej prezentacji zawierała wskazówki kierujące procesem uczenia się, np. zaznaczano słowa kluczowe w narracji przez odpowiednią intonację głosu, wskazywano istotność poszczególnych elementów przez dodanie strzałek. Badanie wykazało, że osoby z grupy eksperymentalnej, które otrzymały sygnalizowaną wersję opowiadanej animacji, lepiej wypadły w zadaniach transferu wiedzy niż grupa korzystająca z materiału edukacyjnego bez żadnych wskazówek (Mautone i Mayer, 2001). W późniejszych eksperymentach badania efektywność sygnalizacji na procesy uczenia się Boucheix i Lowe (2010) wykazali, że strzałki graficzne mogą stanowić faktycznie dodatkowe obciążenie poznawcze poprzez wprowadzenie nadmiarowych elementów do przetworzenia. W szczególności badacze przeprowadzili eksperyment z użyciem animacji, mającej na celu zaznajomienie się z działaniem mechanizmu fortepianu. W pierwszym przypadku eksperymentalnym na ekranie w miejscu omawianych fragmentów fortepianu pojawiały się strzałki, w drugim omawiane fragmenty mechanizmu wyróżniono intensywnym kolorem. W badaniu tym okazało się, że sygnalizacja za pomocą intensywnych kolorów prowadziła do lepszych wyników w testach rozumienia aniżeli dla animacji z sygnalizowaniem w formie strzałek.

### **Analiza obciążenia poznawczego w multimedialnych materiałach edukacyjnych**

W tej części artykułu postaramy się omówić niekorzystne efekty wynikające z zewnętrznego obciążenia poznawczego

(Sweller, 1988), które można zaobserwować w e-podręcznikach przeznaczonych do nauki treści programowych na poziomie szkoły podstawowej i gimnazjalnej. Pokażemy również, jak zgodnie z założeniami kognitywnych teorii uczenia się można potencjalnie zmniejszać obciążenie, modyfikując odpowiednio prezentowane treści edukacyjne. Ma to szczególnie znaczenie w przypadku materiałów przeznaczonych dla osób początkujących, dla których uczenie się nawet z pozoru prostych zadań może znacznie angażować zasoby poznawcze. Zmodyfikowanie materiałów edukacyjnych zgodnie z wymogami teorii może przyczynić się do zwiększenia efektywności uczenia się bez konieczności ingerowania w strukturę zadania.

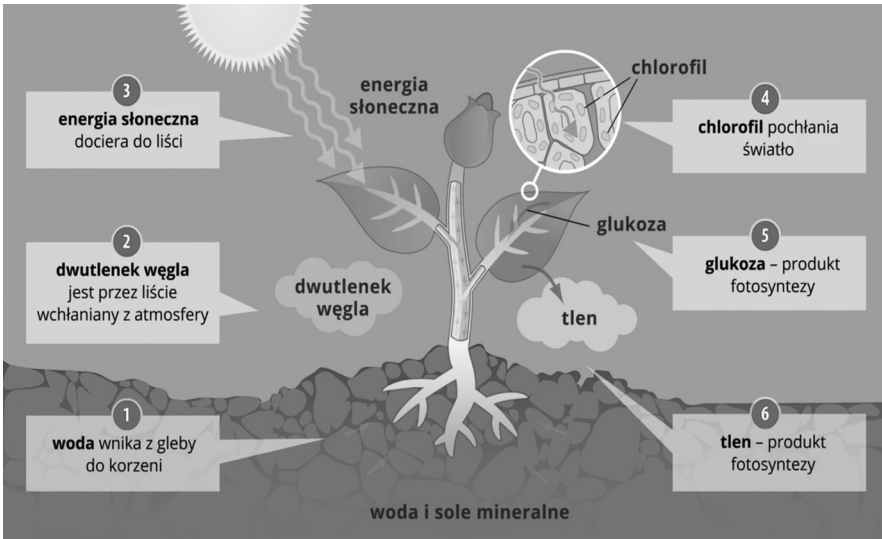
Pierwszy przykład pochodzi z e-podręcznika dla klasy pierwszej szkoły podstawowej. Przedstawia zadanie, w ramach którego uczeń ma zapoznać się z wierszem *Wesołe podwórko* (Rysunek 5.). Na ekranie znajdują się: ilustracja, nawiązująca do treści wiersza, komunikat z poleceniem „Posłuchaj wiersza”, okno z treścią wiersza oraz player do odtworzenia wiersza w formie narracji. Ponieważ w obrębie zadania umieszczono wiele różnych źródeł odnoszących się do tej samej treści, prezentacja ta narusza zasadę redundancji. Właściwym rozwiązaniem byłoby równoczesne pojawienie się ilustracji i narracji bez wyświetlanego tekstu. Dodatkowo, w celu ćwiczenia umiejętności czytania, tekst drukowany powinien pojawić się na oddzielnej stronie już bez ilustracji i narracji. Takie rozwiązanie jest uzasadnione także omawianymi wcześniej wynikami badań pokazującymi wyraźnie, że obecność ilustracji związanej z treścią czytanki będzie negatywnie wpływać na proces czytania, zwłaszcza u dzieci na początkowym etapie nauki (Torcasio i Sweller, 2010).



Rysunek 5. Strona z e-podręcznika dla klasy pierwszej szkoły podstawowej z wierszem *Wesołe podwórko*. Materiał dostępny on-line: [https://epodreczniki.pl/wczesnoszkolna/KL1\\_ORE\\_V9\\_JESIEN\\_1\\_1\\_6\\_33\\_p2](https://epodreczniki.pl/wczesnoszkolna/KL1_ORE_V9_JESIEN_1_1_6_33_p2)

Kolejne dwa przykłady, pochodzące z podręczników do nauki biologii na poziomie szkoły gimnazjalnej, pokazują również projektowanie niezgodne z zasadami redukcji obciążenia poznawczego. W animacji (Rysunek 6.) omawiającej proces fotosyntezy wykorzystano muzykę w tle, narrację,

tekst drukowany oraz animowaną grafikę. Podczas trwania animacji na ekranie sukcesywnie pojawiają się elementy graficzne odpowiadające kolejnym etapom procesu fotosyntezy (numeracja od 1 do 6). Tekst wyświetlany w dymkach i narracja pojawiają się w tym samym czasie.



Rysunek 6. Animacja pochodząca z e-podręcznika dla klasy pierwszej szkoły gimnazjalnej ilustrująca proces fotosyntezy. Materiał dostępny on-line: <https://epodreczniki.pl/a/fotosynteza/D8Os1wJXg>



Do materiału wprowadzono dodatkowo strzałki, które migają nieprzerwanie od czasu pierwszego pojawienia do końca animacji, gdy na ekranie znajduje się już kilkanaście migających elementów. Wśród naruszanych zasad można wymienić dwie. Pierwszą z nich jest zasada redundancji, na co wskazuje równoczesne odtwarzanie muzyki w tle oraz prezentacje tekstu mówionego i wyświetlanego. Procesy uczenia się będą pogorszone na skutek niewłaściwego sygnalizowania. Otóż w animacji używa się nadmiarowej ilości sygnałów w postaci migających strzałek, które de facto przestają pełnić funkcję sygnalizacyjną, uniemożliwiając szybkie przeszukiwanie istotnych treści w materiale edukacyjnym. Wydaje się, że w tym przypadku optymalizacja powinna obejmować usunięcie tła dźwiękowego i wyświetlanego tekstu oraz wyróżnienie tylko tych fragmentów animacji, które są w danym momencie omawiane w narracji.

W ostatnim przykładzie chcemy omówić zakłócenia procesów uczenia się na przykładzie e-podręcznika do nauki biologii, w ramach którego uczący się ma opanować zagadnienia związane z niepełną dominacją alleli (Rysunek 7.). Rozmieszczenie materiału na stronie podręcznika wyraźnie narusza zasadę podzielności uwagi (patrz teoria obciążenia poznawczego) oraz zasadę spójności przestrzennej (patrz teoria multimedialnego uczenia się). Zgodnie z tymi zasadami zaleca się grupowanie informacji rozproszonych i umieszczenie w przestrzennej bliskości tekstu i obrazów, które są powiązane ze sobą. Zaprojektowany wbrew tej zasadzie materiał w e-podręczniku powoduje, że uczeń, zapoznając się z treścią, nie ma w kanale wzrokowym dostępu do pełnego obrazu diagramu, a gdy w końcu ma dostęp do pełnego schematu, nie może przetworzyć tekstu z nim powiązanego. Optymalizacja obciążenia poznawczego w tej sytuacji polegałaby na zmianie organizacji rozmieszczenia tekstu i obrazu na stronie,

np. przez umieszczenie tekstu obok diagramu tak, aby obraz i tekst mieściły się na ekranie bez konieczności jego przewijania. Innym rozwiązaniem w myśl teorii kognitywnych byłby podział tekstu na fragmenty, aby logicznie odpowiadały wyodrębnionym częściom prezentowanego diagramu. W ten sposób uwzględniona zostałaby zasada podzielności uwagi, gdyż zintegrowane przestrzennie sposoby przedstawienia informacji umożliwiłyby uwolnienie dodatkowych zasobów pamięci roboczej.

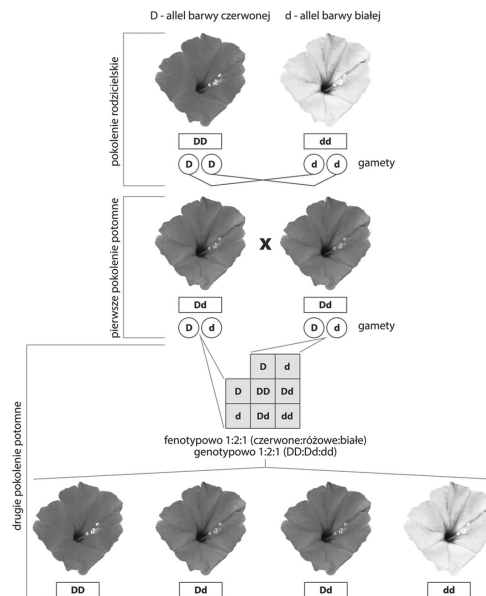
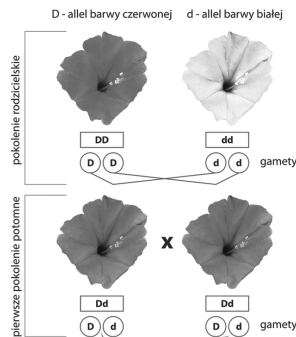
### **Podsumowanie – zasadność podjęcia badań nad obciążeniem poznawczym we współczesnych multimedialnych materiałach edukacyjnych**

W teoriach obciążenia poznawczego oraz uczenia się multimedialnego zakłada się, że trudności w uczeniu się ze zrozumieniem wynikają przede wszystkim z tzw. przeciążenia poznawczego, oznaczającego przekroczenie dostępnych zasobów pamięci roboczej. Potencjalnie takie sytuacje mogą zająć w opisywanych przez nas przykładach badań multimedialnych materiałów edukacyjnych oraz e-podręcznikach. Niedopuszczenie do przeciążenia stanowi więc nie lada wyzwanie dla nauczycieli, wydawców i projektantów materiałów edukacyjnych, szczególnie biorąc pod uwagę dzisiejsze tendencje do coraz powszechniejszego korzystania z materiałów multimedialnych w nauczaniu. Jak wykazano w analizowanych przykładach, korzystanie z nich może faktycznie zmniejszać efektywność uczenia się poprzez dodatkowe obciążanie procesów uczenia się. Wobec powyższego ważne jest, żeby zarówno rozpowszechniać wiedzę na ten temat ograniczeń uczenia się przewidywanych przez współczesne teorie kognitywne, jak również podejmować dalsze wysiłki badawcze w tym zakresie. Na przykład Mayer (2017) wskazuje na kilka istotnych obszarów, które należy eksplorować. Jednym z nich jest prowadzenie



## 4. Niepełna dominacja alleli

Nie zawsze dziedziczenie polega na pełnej dominacji jednego allelu nad drugim. Krzyżując rośliny dziwaczka kwitnące na czerwono z roślinami dziwaczka kwitnącymi na biało, w pierwszym pokoleniu potomnym uzyskuje się wyłącznie rośliny o kwiatach różowych. Kiedy krzyżuje się między sobą rośliny dziwaczka o kwiatach różowych, w drugim pokoleniu potomnym otrzymuje się osobniki, z których 1/4 ma kwiaty czerwone, 1/2 różowe i 1/4 białe (stosunek fenotypowy kwiatów czerwonych do kwiatów różowych i do kwiatów białych wynosi 1:2:1). Jeżeli przeanalizujemy genotypy poszczególnych roślin, okaże się, że 1/4 z nich to homozygoty dominujące, 1/2 to heterozygoty, a 1/4 to homozygoty recesywne. Przy dziedziczeniu z niepełną dominacją stosunek fenotypowy jest zatem równy stosunkowi genotypowemu.



Rysunek 7. Strona e-podręcznika do biologii dla klasy trzeciej szkoły gimnazjalnej, omawiająca niepełną dominację alleli. Materiał dostępny on-line: [http://www.epodreczniki.pl/reader/c/140129/v/39/t/student-canon/m/iNPGIJEgd#iNPGIJEgd\\_d5e346](http://www.epodreczniki.pl/reader/c/140129/v/39/t/student-canon/m/iNPGIJEgd#iNPGIJEgd_d5e346)

dalszych badań wpisujących się już w kanon kognitywnej teorii multimedialnego uczenia się, ale wykorzystujących nowe urządzenia elektroniczne do prezentacji, takie jak tablety czy smartfony. Innym kierunkiem postulowanym przez Mayera (2017) jest podjęcie badań uczenia się w środowisku naturalnym, a nie laboratoryjnym, w którym uwzględnia się zarówno dłuższy okres nauki, jak również rezultaty po upływie dłuższego czasu. Ponadto Mayer (2017) wskazuje także na konieczność badań takich aspektów, jak określenie minimalnego zakresu informacji werbalnych i wizualnych niezbędnych do uczenia się, poszukiwanie optymalnych sposobów organizacji treści w prezentacjach multimedialnych, np. typu PowerPoint czy też zrozumienie znaczenia mediów społecznościowych w procesie uczenia się, np. przy korzystaniu z serwisu YouTube.

Reasumując, mimo licznych badań empirycznych potwierdzających opisane w artykule zasady i rekomendacje teorii uczenia się, nadal istnieje rozległy obszar badawczy do eksploracji, szczególnie w dynamicznie rozwijającej się dziedzinie nowych technologii, które powoli stają się naturalnym środowiskiem uczenia się ludzi w różnym wieku. Ze względu na powszechność i dostępność takich form, które są także przeznaczone dla najmłodszych uczniów oraz oddziaływanie dużej ilości bodźców w elektronicznych materiałach edukacyjnych, zasadne staje się podejmowanie dalszych badań teoretycznych i empirycznych, szczególnie skupiających się na tym, jakie elementy multimedialne mogą faktycznie zwiększać obciążenie poznawcze, a jakie mogą zdecydowanie poprawić efektywność uczenia się. Dlatego równie ważnym aspektem badań materiałów multimedialnych jest upowszechnianie tej wiedzy wśród nauczycieli i projektantów materiałów edukacyjnych, która w najbliższej perspektywie powinna być

dostępna zarówno w formie praktycznych wskazówek, jak również różnego typu szkoleń i warsztatów wyjaśniających zjawisko obciążenia poznawczego w procesach uczenia się.

### Literatura

- Boucheix J. M. i Lowe R. (2010). An eye tracking comparison of external pointing cues and internal continuous cues in learning with complex animations. *Learning and Instruction*, 20(2), 123–135.
- Boucheix, J. M., Lowe, R. K., Kemala-Putri, D. i Groff, J. (2013). Cueing animations: Dynamic signaling aids information extraction and comprehension. *Learning and Instruction*, 25, 71–84.
- Chandler, P. i Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8, 293–332.
- Doliński, D., Śpiewak, S. i Ziąja, J. (2003). Wpływ przeciążenia poznawczego na dostępność zasobów: efekt rozgrzania poznawczego. *Przegląd Psychologiczny*, 46(3), 291–306.
- Goliasz, M. (2009). *Jak skutecznie przekazywać wiedzę w kursach e-learning? Perspektywa kognitywistyczna*. W: Poznańskie Forum Kognitywistyczne. Teksty Pokonferencyjne Nr 4.
- Hasler, B. S., Kersten, B. i Sweller, J. (2007). Learner control, cognitive load, and instructional animation. *Applied Cognitive Psychology*, 21, 713–729.
- Kalyuga, S., Chandler, P. i Sweller, J. (2004). When redundant on-screen text in multimedia technical instruction can interfere with learning. *Human Factors*, 46, 567–581.
- Kluska E., Stróżak P. i Francuz P. (2014). Alokacja zasobów uwagi podczas przetwarzania komunikatu medialnego. Badania mózgowych potencjałów wywołanych. *Studia Psychologiczne*, 52(3), 33–45.
- Krejtz, K., Krejtz, I., Szarkowska, A. i Kopacz, A. (2014). Multimedia w edukacji. Potencjał audio-deskrypcji w kierowaniu uwagą wzrokową ucznia. *Przekładaniec*, 28, 80–92.
- Krejtz, K., Biele, C. i Jonak, Ł. (2015). Dynamika uwagi wzrokowej a zaangażowanie poznawcze w trakcie czytania hipertekstu. *Studia Psychologiczne*, (53)4, 27–40.
- Kruger, J.-L., Hefer, E. i Matthew, G. (2014). Attention distribution and cognitive load in a subtitled

- academic lecture: L1 vs. L2. *Journal of Eye Movement Research*, 7(5), 1–15.
- Leszkowicz, M. (2012). Projektowanie graficzne a proces czytania i tworzenia wizualnych znaczeń. W: W. Skrzydlewski i S. Dylak (red.), *Media – Edukacja – Kultura* (s. 475–483). Rzeszów: Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego.
- Maruszewski, T. (2011). *Psychologia poznania. Umysł i Świat*. Gdańsk: Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- Mautone, P. D. i Mayer, R. E. (2001). Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 93, 377–389.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2017). Using multimedia for e-learning. *Journal Of Computer Assisted Learning*, 33(5), 403–423.
- Mayer R. E. i Estrella G. (2014). Benefits of emotional design in multimedia instruction. *Learning and Instruction*. 33, 12–18.
- Mayer, R. E. i Moreno, R. (1998). A Cognitive Theory of Multimedia Learning: Implications for Design Principles. Pobrano z <http://www.unm.edu/~moreno/PDFS/chi.pdf>
- Mayer, R. E. i Moreno, R. (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43–52.
- McLaren, B. M., DeLeeuw, K. E. i Mayer, R. E. (2011). Polite web-based intelligent tutors: Can they improve learning in classrooms? *Computers & Education*, 56, 574–584.
- van Merriënboer, J. J. G. i Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review*, 17(2), 147–177.
- van Merriënboer, J. J. G. i Sweller, J. (2010). Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies. *Medical Education*, 44(1), 85–93.
- Miller, G. A. (1955). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, 101(2), 343–352.
- Moreno, R. i Mayer, R. (2000). A coherence effect in multimedia learning: The case for minimizing irrelevant sounds in the design of multimedia instructional messages. *Journal of Educational Psychology*, 92(1), 117–125.
- Nosal, C. S. (1990). *Psychologiczne modele umysłu*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Nowakowska-Buryła, I. i Joński T. (2012). Eyetrackingowe badania prezentacji multimedialnych konstruowanych dla wspomaganie edukacji wczesnoszkolnej. W: W. Skrzydlewski i S. Dylak, (red.), *Media – Edukacja – Kultura* (s. 485–499). Rzeszów: Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego.
- Pettersson, R. (2007). It depends: ID – Principles and Guidelines, Inst. for Infology. *Tullinge*.
- Reedy, G., B. (2015). Using Cognitive Load Theory to Inform Simulation Design and Practice. *Clinical Simulation in Clinical Simulation in Nursing*, 11, 355–360.
- Roland Berger Strategy Consultants (2014), *Corporate Learning Goes Digital. How companies can benefit from online education*. Pobrano z: [https://www.rolandberger.com/en/Publications/pub\\_corporate\\_learning\\_goes\\_digital.html](https://www.rolandberger.com/en/Publications/pub_corporate_learning_goes_digital.html) (22.03.18)
- Russo, J. i Hopkins, S. (2017). CLASS Challenging Tasks: Using Cognitive Load Theory to Inform the Design of Challenging Mathematical Tasks. *Australian Primary Mathematics Classroom*, 22(1), 21–27.
- Sung E. i Mayer R. E. (2012). When graphics improve liking but not learning from online lessons. *Computers in Human Behavior*, 28, 1618–1625.
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G. i Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251–296.
- Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123–138.
- Śpiewak S. (2008). Dlaczego zupa z kamienia smakuje psychologom społecznym? O wykorzystywaniu manipulacji obciążeniem poznawczym w badaniach społecznych. *Psychologia Społeczna*, 31(6), 23–40.
- Torcasio, S. i Sweller, J. (2009). The use of illustrations when learning to read: A cognitive load theory approach. *Applied Cognitive Psychology*, 24(5), 659–672.

### **The cognitive load theory of learning and its use in designing multimedia educational resources**

The article presents contemporary cognitive theories of learning to indicate the importance of the concept of limited human cognitive resources in establishing practical guidelines for designing educational materials effectively. In particular, we discuss the theory of cognitive load and the cognitive theory of multimedia learning. Given the assumptions of both theories, the paper presents principles and recommendations for designing educational materials, and overviews the empirical research in the domain of learning. The article also focuses on an analysis of multimedia educational content, including available e-textbooks, whose forms of presentation may lead to the unwanted effects of cognitive load.

**KEYWORDS:** cognitive load, working memory, cognitive schemas, cognitive theory of multimedia learning, cognitive load theory.