



Projekt współfinansowany w ramach programu Unii Europejskiej „Erasmus+”

Analiza porównawcza narzędzi TIK oraz edukacji matematycznej osób niewidomych i słabowidzących w Irlandii, Polsce, Holandii i krajach sąsiedzkich

Donal Fitzpatrick, School of Computing, Dublin City University, Irlandia

Sarah Murray, Trinity College, Dublin, Irlandia

Annemiek van Leendert, Royal VISIO, Holandia

Jolanta Brzostek-Pawłowska, NASK Państwowy Instytut Badawczy, Polska

Małgorzata Rubin, NASK Państwowy Instytut Badawczy, Polska

Dublin City University, Royal Visio, NASK Państwowy Instytut Badawczy, 2018 r.



Analiza porównawcza narzędzi TIK oraz edukacji matematycznej osób niewidomych i słabowidzących w Irlandii, Polsce, Holandii i krajach sąsiedzkich

Niniejszy raport opracowano w ramach projektu "EuroMath – zwiększenie wsparcia nauczycieli i uczniów z dysfunkcją wzroku innowacyjnymi TIK w matematycznej edukacji włączającej", finansowanego ze środków UE w ramach programu Erasmus+ (nr umowy 2017-1-PL01-KA201-038548)



Raport został opracowany przez partnerstwo:

Dublin City University, Irlandia

Royal VISIO, Holandia

NASK Państwowy Instytut Badawczy, Polska - Koordynator Projektu (Redaktor wydania polskiego)

Raport zrecenzował Dr. Flaithrí Neff, Limerick Institute of Technology, Irlandia.

Wszelkie pytania odnośnie treści raportu prosimy kierować na adres: euromath@nask.pl

Spis treści

1	Wstęp	7
1.1	Wprowadzenie w problematykę	7
1.2	Kluczowe problemy	8
1.3	Struktura Raportu.....	10
2	Edukacja matematyczna uczniów niewidomych i słabowidzących w Irlandii.....	11
2.1	System Edukacji.....	12
2.2	Ocenianie i egzaminowanie.....	17
2.3	Metodyka nauczania	19
2.4	Dostęp uczniów niewidomych do matematyki	20
2.5	Dostęp uczniów słabowidzących do matematyki.....	22
2.6	Dostęp uczniów niewidomych i słabowidzących do grafiki matematycznej.....	24
2.7	Dyskusja.....	25
3	Edukacja matematyczna uczniów niewidomych i słabowidzących w Holandii.....	27
3.1	Edukacja w Holandii	27
3.1.1	Wprowadzenie do systemu edukacji	27
3.1.2	Kształcenie nauczycieli	28
3.1.3	Różne pakiety matematyczne w HAVO i VWO	29
3.2	Edukacja uczniów z dysfunkcją wzroku	30
3.2.1	Wprowadzenie	30
3.2.2	Objazdowe wsparcie edukacyjne	30
3.2.3	Edukacja specjalna	31
3.2.4	Wsparcie nauczycieli uczniów z dysfunkcją wzroku w szkołach średnich głównego nurtu edukacji	32
3.3	Badania dot. technologii wspomagających edukację uczniów z dysfunkcją wzroku	33
3.3.1	Badanie 2016 (Holandia)	33
3.3.2	Badanie 2018 (Holandia)	34
3.3.3	Badanie 2018 (Belgia)	37
3.4	Dostęp uczniów niewidomych i słabowidzących do wyrażeń i równań matematycznych ...	39
3.4.1	Wprowadzenie	39
3.4.2	Książki do matematyki i notacja matematyczna	39
3.4.3	Wyrażenia i równania matematyczne	40
3.5	Dostęp uczniów niewidomych i słabowidzących do grafiki matematycznej.....	42
3.5.1	Wprowadzenie	42
3.5.2	Inny sposób spojrzenia na wykresy	42
3.6	Egzaminowanie.....	43

3.6.1	Egzaminy w szkolnictwie średnim głównego nurtu edukacji	43
3.6.2	Egzaminy w szkolnictwie średnim specjalnym	45
3.6.3	Egzamin z Matematyki B	45
3.7	Dyskusja i komentarz.....	45
3.8	Informacje uzupełniające	46
3.8.1	Dodatek A	46
3.8.2	Dodatek B	48
4	Edukacja matematyczna uczniów niewidomych i słabowidzących w Polsce	51
4.1	Wprowadzenie	51
4.2	System formalnej edukacji w Polsce	51
4.3	Uczniowie niewidomi i słabowidzący w polskim systemie edukacji	54
4.3.1	Ogólnopolskie dane statystyczne	54
4.3.2	Potrzeby i stosowanie narzędzi TIK wspierających edukację matematyczną	57
4.3.3	Wnioski z badań stosowania TIK w edukacji matematycznej.	81
4.3.4	Ocenianie i egzaminowanie	83
4.3.5	Dostępność formuł dla uczniów niewidomych	91
4.3.6	Dostępność formuł dla uczniów słabowidzących w Polsce	92
4.3.7	Dostępność matematycznych rysunków i wykresów funkcji	92
4.4	TIK w matematycznej edukacji włączającej w krajach sąsiedzkich	92
4.4.1	Republika Czeska i Republika Słowacka	92
4.4.2	Republika Federalna Niemiec	94
4.5	Dyskusja.....	95
5	Konkluzje	97
6	Bibliografia.....	98

Spis ilustracji

Rysunek 1. Przykłady wydłużenia zapisu formuł w BNM w stosunku do zapisu ASCII	7
Rysunek 2. System edukacji w Holandii, na podstawie [28].....	28
Rysunek 3. Uczniowie zdający egzamin końcowy bez matematyki.....	29
Rysunek 4. Uczniowie zdający matematykę B i D	30
Rysunek 5. Pudełko matematyczne dla uczniów niewidomych w szkołach średnich głównego nurtu.....	32
Rysunek 6. Monitor brajlowski podłączony do laptopa.....	33
Rysunek 7. Praca własna widzącego ucznia (rysunek pomocniczy do obliczeń)	41
Rysunek 8. Różne parabole utworzone na podstawie wykresu funkcji $y = x^2$	43
Rysunek 9. Schemat edukacji w Polsce po rozpoczęciu reformy oświaty w 2017 r.	52
Rysunek 10. Schemat systemu edukacji w Polsce przed reformą w 2017 r.	53
Rysunek 11. Główne bariery w stosowaniu nowoczesnych TIK w szkołach.....	60
Rysunek 12. Poziom akceptacji przez nauczycieli, uczniów i rodziców stosowania proponowanych nowych rozwiązań TIK wspomagających włączającą edukację matematyczną.....	62
Rysunek 13. Przykład zadania typu „połącz w pary”	66
Rysunek 14. QR-kod do wypełnienia wynikami obliczeń	78
Rysunek 15. Przykład zapisu formuły w notacji LaTeX.....	94

Spis tabel

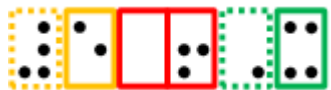


Tabela 1. Wyniki ankiet 29 nauczycieli matematyki uczniów słabowidzących ze szkół średnich (powszechnych) w Holandii.....	35
Tabela 2. Wyniki ankiet 9 nauczycieli matematyki uczniów niewidomych ze szkół średnich (powszechnych) w Holandii.....	36
Tabela 3. Wyniki ankiet wypełnianych przez 7 nauczycieli matematyki uczniów słabowidzących w szkołach średnich w Belgii.	38
Tabela 4. Wynik ankiety wypełnionej przez nauczyciela matematyki niewidomego ucznia szkoły średniej w Belgii.....	39
Tabela 5. Notacje matematyczne zapisu formuł dla uczniów widzących i niewidomych.....	40
Tabela 6. Przykłady dostosowania egzaminów dla uczniów z dysfunkcją wzroku.....	45
Tabela 7. Zakres tematyczny egzaminu z matematyki A dla szkół średnich VWO w Holandii.....	47
Tabela 8. Zakres tematyczny egzaminu z matematyki B dla szkół średnich VWO w Holandii.....	47
Tabela 9. Zakres tematyczny egzaminu z matematyki C dla szkół średnich VWO w Holandii.....	48
Tabela 10. Uczniowie niewidomi i słabowidzący w szkołach ogólnodostępnych i specjalnych w Polsce.....	56
Tabela 11. Udziały szkolnictwa ogólnodostępnego i specjalnego w edukacji uczniów z niepełnosprawnością wzroku w roku szkolnym 2012/2013 i 2016/2017 w Polsce.....	56
Tabela 12. Uczniowie niewidomi i słabowidzący w SOSW w latach szkolnych 2012/2013 i 2016/2017 w Polsce.....	56
Tabela 13. Częstotliwość stosowania przez nauczycieli TIK w czynnościach pedagogicznych.....	58
Tabela 14. Ocena użyteczności przez nauczycieli nowych rozwiązań TIK wspomagających włączającą edukację matematyczną.....	64
Tabela 15. Rozkład liczebności respondentów w poszczególnych rodzajach szkół.....	70
Tabela 16. Zestawienie danych z badań zastosowań TIK w edukacji matematycznej uczniów z niepełnosprawnością wzroku.....	74
Tabela 17. Zestawienie danych z badań zastosowań tablic i monitorów interaktywnych w edukacji matematycznej uczniów z niepełnosprawnością wzroku.....	75
Tabela 18. Uczniowie rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych na egzaminie gimnazjalnym z matematyki.....	85
Tabela 19. Uczniowie niewidomi i słabowidzący w szkołach ponadgimnazjalnych ogólnodostępnych i specjalnych w Polsce.....	86
Tabela 20. Niepełnosprawni abiturienti w szkołach ponadgimnazjalnych ogólnodostępnych i specjalnych w Polsce.....	86
Tabela 21. Uczniowie rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych na egzaminie maturalnym z matematyki.....	87
Tabela 22. Niepełnosprawni absolwenci, którzy otrzymali świadectwo dojrzałości, w szkołach ponadgimnazjalnych ogólnodostępnych i specjalnych w Polsce.....	87
Tabela 23. Uczniowie technikum rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych na egzaminie maturalnym z matematyki w przykładowym SOSW dla Dzieci Niewidomych i Słabowidzących.....	88

1 Wstęp

1.1 Wprowadzenie w problematykę

Jednym z głównych celów edukacji uczniów jest nabycie przez nich umiejętności, które będą decydowały o ich funkcjonowaniu w tzw. społeczeństwie wiedzy oraz ich powodzeniu na rynku pracy. Parlament Europejski (PE) określił, zdefiniował i wydał zalecenia w 2006 r. dotyczące zdobywania przez młodych ludzi, kończących obowiązkową edukację, kluczowych kompetencji przedmiotowych i ogólnych. Wśród czterech, zdefiniowanych przez PE kompetencji przedmiotowych, są kompetencje matematyczne i podstawowe kompetencje naukowo-techniczne oraz kompetencje informatyczne. W konieczności uzyskiwania kompetencji matematycznych chodzi o umiejętność rozwijania i wykorzystywania myślenia matematycznego w rozwiązywaniu problemów wynikających z codziennych sytuacji, z naciskiem na proces, działanie i wiedzę. Rozwijanie kompetencji informatycznych ma na celu umiejętne i krytyczne wykorzystywanie technologii społeczeństwa informacyjnego (TSI) m.in. dla zdobywania innych kompetencji kluczowych, w tym matematycznych. Zwłaszcza wspomagające TIK w matematycznej edukacji uczniów niewidomych i słabowidzących mogą w znacznym stopniu ułatwiać nauczycielowi uczenie, a uczniowi przyswajanie wiedzy matematycznej.

Problem dotyczy nie tylko osób niewidomych, lecz także o wiele liczniejszej grupy osób słabowidzących, wśród których jest bardzo duże zróżnicowanie poziomu i rodzaju niepełnosprawności wzroku, wymagające indywidualizacji stosowanych środków wspomagających. Wyrażenia matematyczne i fizyczne (dalej: formuły) oraz elementy grafiki matematycznej są obiektami nieliniowymi, przestrzennymi, trudnymi do odczytu, rozpoznania i edycji przez osoby z dysfunkcją wzroku. Konieczna jest konwersja formuł na zapis liniowy np. w notacji AsciiMath [1] i/lub w brajlu oraz, dla zapoznania się z grafiką, konieczne są wydruki wypukłe (tyflografika). Jest to uciążliwe z powodu redundancji liniowego zapisu formuł w notacji AsciiMath i w notacji brajlowskiej, wydłużającej czas operacji matematycznych, wymaga także dodatkowego, specjalnego sprzętu brajlowskiego i oprogramowania, jak również adaptacji podręczników i innych materiałów edukacyjnych. Rysunek 1 przedstawia przykłady stopnia wydłużenia zapisu formuł w polskiej Brajlowskiej Notacji Matematycznej (BNM) w stosunku do zapisu w ASCII.

Formuła	Liczba znaków	Formuła w zapisie BNM	Liczba znaków BNM	Nadmiarowość
$5 + x$	3		6	$\frac{6}{3} * 100\% = 200\%$
$67:14$	5		8	$\frac{8}{5} * 100\% = 160\%$
$\sqrt[3]{27} = 3$	5		10	$\frac{10}{5} * 100\% = 200\%$

Rysunek 1. Przykłady wydłużenia zapisu formuł w BNM w stosunku do zapisu ASCII

(Źródło: opracowanie własne)

Chociaż każdy z krajów uczestniczących w projekcie EuroMath ma własne, unikalne wyzwania w edukacji matematycznej, istnieją pewne problemy ogólne, które pojawiają się niezależnie od miejsca i są wspólne dla wszystkich. W niniejszym rozdziale przedstawiono przegląd kluczowych zagadnień leżących u podstaw projektu EuroMath. Warto zauważyć, że nie jest to wyczerpująca lista, ma ona na celu jedynie naświetlenie czytelnikowi sytuacji osób z zaburzeniami wzroku, które chcą czytać/rozwiązywać równania matematyczne i zapoznawać się z grafiką.

Głównym celem projektu EuroMath jest opracowanie innowacyjnej platformy udostępniającej narzędzia TIK dla wsparcia nauczycieli i uczniów z dysfunkcją wzroku w edukacji matematycznej. Dostęp do rozwiązań EuroMath będzie bezpłatny. Projekt stara się sprostać potrzebom w zakresie TIK, które wyrównują szanse uczniów z dysfunkcją wzroku w nabywaniu kompetencji matematycznych, dostosowanych do programów nauczania w szkołach podstawowych i średnich w krajach partnerskich. Z rezultatów projektu skorzystają uczniowie i nauczyciele zarówno w nurcie edukacji włączającej jak i ogólnodostępnej.

Projekt EuroMath opiera się na innowacyjnych rozwiązaniach edukacyjnej platformy PlatMat [2] opracowanej przez Instytut Maszyn Matematycznych w ramach dwóch projektów badawczych w latach 2014-2017, wspierającej włączającą edukację matematyczną uczniów z dysfunkcjami wzroku, dwukrotnie nagrodzonej na międzynarodowych konkursach innowacji (Tell Us Awards, ITEX 2015).

Uczestnikami w projekcie będą nauczyciele oraz uczniowie niewidomi i słabowidzący z placówek edukacyjnych I i II stopnia w Polsce, Holandii i Irlandii, a także przedstawiciele instytucji i organizacji działających na rzecz osób niepełnosprawnych wzrokowo, edukacji specjalnej i włączającej oraz jednostek prowadzących badania i rozwój wspomagających TIK. Działania w projekcie będą prowadzone w ścisłej współpracy z nauczycielami i ich uczniami z wadami wzroku w krajach partnerskich dla zapewnienia, że wyniki projektu będą spełniały określone potrzeby i oczekiwania grup docelowych. Jakość i użyteczność narzędzi EuroMath będą weryfikowane przez użytkowników końcowych podczas działań związanych z oceną i walidacją funkcji EuroMath.

Projekt, poprzez upowszechnianie rezultatów pracy intelektualnej, przyczyni się do wzrostu otwartości na włączenie wsparcia TIK do praktyki edukacyjnej oraz popularyzacji dobrych praktyk w zakresie wspomagania informatycznego lekcji matematyki.

1.2 Kluczowe problemy

Kluczowa decyzja przy projektowaniu zestawu narzędzi zapewniających dostęp do treści matematycznych osobom niewidomym i słabowidzącym dotyczy sposobu prezentacji informacji dla docelowego użytkownika. Aby ją podjąć, niezbędne jest uprzednie określenie jakie informacje należy przedstawić, a następnie – w jaki sposób to zrobić. Dlatego ważne jest zrozumienie jak przebiega proces czytania, by użytkownik otrzymał właściwą informację.

Kluczową cechą w procesie czytania wzrokowego jest rola wydrukowanej strony. To medium zapewnia czytelnikowi nie tylko możliwość działania jako pamięć zewnętrzna, ale także ułatwia wysoce precyzyjną kontrolę nad przepływem informacji. W swojej dysertacji doktorskiej [3],

Stevens stwierdza, że Raynor opisuje czytanie jako: "... zdolność do wydobywania informacji wizualnych ze strony i zrozumienia znaczenia tekstu" [4, p. 23]. Stevens stwierdza również, że czytanie można podzielić na trzy główne obszary:

1. Proces zrozumienia tego, co zostało przeczytane;
2. Wprowadzanie informacji z fizycznego, zewnętrznego źródła do pamięci czytelnika za pośrednictwem systemu wizualnego;
3. Rozpoznawanie słów i ich integracja w struktury wyższego rzędu, takie jak zdania.

W przeciwieństwie do materiałów o charakterze lingwistycznym, prezentacja matematyki w sposób przystępny stanowi poważne wyzwanie. Karshmer i in. [5] podkreślają dwuwymiarową naturę wyświetlanych lub drukowanych równań matematycznych, która jest trudna do przekazania zarówno przez liniowe systemy mowy syntetycznej, jak i brajla. Przestrzenna reprezentacja równań może kodować istotną informację semantyczną, niezbędną do zrozumienia konstrukcji matematycznej.

Podstawowym problemem przy konwersji matematyki z postaci drukowanej na brajla lub wyjście akustyczne jest transformacja reprezentacji dwuwymiarowej na liniową, gdyż tę pierwszą charakteryzuje przestrzenne ułożenie symboli i odstępów mające bogate znaczenie semantyczne i syntaktyczne. Notacja drukowana zapewnia trwałą informację wizualną, która jest stała w czasie, natomiast dźwiękowe reprezentacje są ulotne ze względu na tymczasową naturę dźwięku. Widzący użytkownicy mogą zatem wykorzystywać drukowany materiał jako formę pamięci zewnętrznej i nie muszą zapamiętywać struktury i układu równania. Wniosek ten potwierdzają wyniki szeregu eksperymentów kognitywnych, badających odczyt równań przez widzących użytkowników, przeprowadzonych przez Gillana i wsp. [6], z których wynika, że widzący przetwarzają operatory i liczby bardziej intensywnie niż nawiasy. Nie jest to może zaskakujące, ponieważ struktura przestrzenna równania (która wynika z użycia nawiasów i innych symboli graficznych i ograniczników) jest jednoznaczna i trwała, gdy jest prezentowana wizualnie. Sugeruje to, że praca z materiałem matematycznym z wykorzystaniem medium niewizualnego spowoduje nieunikniony wzrost obciążenia kognitywnego, ponieważ w takich warunkach informacja strukturalna musi być przechowywana w pamięci. Oznacza to, że każda metoda prezentacji struktury przestrzennej równania w sposób niewizualny powinna być możliwie najłatwiejsza dla procesu poznawczego.

To wnosi własne, unikalne wyzwania. Oprócz przekształcania materiału na reprezentację dźwiękową lub brajlowską, twórca dowolnego systemu musi dostarczyć mechanizmy umożliwiające użytkownikowi czytanie matematyki w całości lub rozłożenie materiału na części dla ułatwienia nawigacji. To, że podjęto tak wiele prób rozwiązania tego konkretnego problemu jest świadectwem jego „nieustępliwości”.

Oprócz wyzwań technicznych pojawiają się również problemy społeczno-kulturowe, które należy wziąć pod uwagę. W wielu krajach możliwości osób niewidomych i słabowidzących w zakresie uczestnictwa w wyższych poziomach edukacji, szczególnie w STEM¹ (nauka, technologia, inżynieria i matematyka) mogą być bardzo ograniczone. Istnieje wiele przyczyn takiego stanu rzeczy. W przeszłości wielu widzących nauczycieli reprezentowało pogląd, że osoby z niepełnosprawnością wzrokową nie mogą angażować się w ten typ materiału. W

¹ STEM (ang. Science, Technology, Engineering, Mathematics)

konsekwencji dzieci niewidome i niedowidzące były aktywnie zniechęcane do studiowania przedmiotów takich jak matematyka. Po drugie, infrastruktura dydaktyczna nie uwzględnia dodatkowego czasu potrzebnego, aby pomóc niewidomym i niedowidzącym w zrozumieniu treści STEM. Może to wynikać ze zbyt dużej liczby uczniów w klasach, braku wiedzy ze strony nauczycieli, braku wsparcia ze strony profesjonalistów, którzy są zorientowani w kwestiach dotyczących tego, w jaki sposób osoby niepełnosprawne wzrokowo mogą angażować się w ten materiał i całego szeregu innych powodów, zbyt licznych by je wszystkie wymienił. Na tle tych technicznych i społecznych wyzwań powstała idea projektu EuroMath z nadzieją, że twórcza praca wszystkich zaangażowanych w niego osób przyczyni się do poprawy perspektyw edukacyjnych i zatrudnienia grupy ludzi, którzy z powodu braku możliwości są wciąż niedostatecznie reprezentowani.

1.3 Struktura Raportu

Niniejszy raport zawiera opis sposobów, w jaki osoby niewidome i słabowidzące wchodziły w interakcję z treściami matematycznymi w trzech krajach partnerskich, uczestniczących w projekcie EuroMath tj. w Irlandii, Polsce i Holandii. Zawiera on również informacje dotyczące krajów sąsiedzkich, takich jak Belgia, Czechy, Niemcy, Słowacja i Wielka Brytania. Każda sekcja podaje szczegółowe informacje, właściwe dla danego kraju, dotyczące następujących zagadnień:

1. Systemy edukacyjne w krajach partnerskich;
2. Programy nauczania matematyki w krajach partnerskich;
3. Egzaminowanie i ocenianie w krajach partnerskich;
4. Edukacja matematyczna uczniów niewidomych i słabowidzących w krajach partnerskich;
5. Sposób interakcji uczniów niewidomych i słabowidzących z kontentem matematycznym;
6. Sposób interakcji uczniów niewidomych i słabowidzących z grafiką matematyczną (rysunkami, wykresami, itp.).

Ze względu na specyfikę tematu i zróżnicowaną sytuację niepełnosprawnych wzrokowo uczniów w poszczególnych krajach, struktura poszczególnych sekcji nie jest identyczna. Autorzy starali się dostarczyć analogiczne informacje, jednak nie zawsze było to możliwe. Raport kończy się krótkim rozdziałem przedstawiającym konkluzje i wnioski wraz z komentarzem odnośnie wpływu aktualnego kontekstu edukacyjnego w poszczególnych krajach na działania w projekcie EuroMath.

2 Edukacja matematyczna uczniów niewidomych i słabowidzących w Irlandii.

Przed przystąpieniem do dyskusji na temat sposobu, w jaki uczniowie niewidomi/słabowidzący w Irlandii wchodzi w interakcję z matematyką, należy na początku podkreślić fakt, że dane ilościowe dotyczące tej grupy demograficznej nie są dostępne. Z tego powodu informacje zawarte na stronach raportu zostały zebrane na podstawie opinii dostarczonych przez osoby zaangażowane w nauczanie tego przedmiotu uczniów z dysfunkcją wzroku. Liczba tych osób była zbyt mała, aby zebrane i przedstawione tu informacje mogły być traktowane jako solidna analiza naukowa. Niemniej jednak zebrane i opisane tu dane jakościowe są wartościowe, ponieważ zostały uzyskane od osób, które przez całe życie nauczały przedmiotu matematyki uczniów niewidomych i słabowidzących. Informacje zebrano metodą ankietowania "nauczycieli wizytujących", którzy są odpowiedzialni za pracę z nauczycielem w klasie w celu zapewnienia uczniom niewidomym/słabowidzącym równego dostępu do edukacji. W chwili pisania tego raportu tylko jeden z 11 nauczycieli wizytujących przekazał informacje zwrotne. Z uwagi na fakt, że jest on najstarszym członkiem w grupie ankietowanych i ściśle współpracował z odpowiednimi władzami nad określeniem zasad i ram edukacji matematycznej uczniów z dysfunkcją wzroku, jego wkład może być uznany za wysoce dokładny. Drugim źródłem danych wejściowych do tego raportu była grupa dyskusyjna z udziałem nauczycieli matematyki z Pobailsoil Rosmini - jedynej szkoły specjalistycznej, oferującej kształcenie średnie dla uczniów niewidomych/słabowidzących w Irlandii, która obradowała 13 kwietnia 2018 r. Obecnych było pięciu nauczycieli, a informacje zebrano podczas nieformalnej rozmowy. Na koniec uzyskano dane z działu Reading Services Narodowego Centrum Edukacyjnego dla Dzieci Niewidomych ChildVision [7] (National Educational Centre for Blind Children), odpowiedzialnego za produkcję wszystkich podręczników szkolnych dla dzieci niewidomych/słabowidzących w Irlandii. Autor jest wdzięczny wszystkim zaangażowanym w nauczanie matematyki w Irlandii, którzy poświęcili swój cenny czas i energię, aby zapewnić możliwie największą dokładność niniejszego raportu.

Zarówno dane liczbowe jak i inne dane przedstawione w pozostałych częściach tego raportu nie występują w kontekście irlandzkim, ponieważ Departament Edukacji i Umiejętności (Department of Education and Skills) poinformował, że biorąc pod uwagę bardzo małą liczbę studentów z dysfunkcją wzroku, przekazanie pożądaných danych liczbowych mogłoby ich jednoznacznie identyfikować i tym samym naruszać obowiązującą nową regulację GDPR (General Data Protection Regulation - GDPR) o ochronie danych osobowych.

W tej części raportu przedstawiono kontekst irlandzki jak również informacje na temat sytuacji w Wielkiej Brytanii. Ani czas, ani zasoby projektu nie umożliwiły pozyskania znacznej ilości danych z kraju sąsiedzkiego, dlatego w raporcie dostarczono informację zbiorczą na zasadzie porównania z Irlandią, ze wskazaniem odpowiednich pozycji bibliograficznych, w których czytelnik może znaleźć więcej szczegółów.

Zgodnie z Rozdz. 2 Ustawy o Kształceniu Osób ze Specjalnymi Potrzebami Edukacyjnymi (Education for Persons with Special Educational Needs - EPSEN) z 2004 r. wymagane jest, aby:

“Dziecko ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi mogło być kształcone w środowisku integracyjnym z dziećmi, które nie mają takich potrzeb, chyba że charakter lub stopień potrzeb dziecka jest taki, że byłoby to w sprzeczności z:

- najlepszym interesem dziecka, wynikającym z oceny przeprowadzonej każdorazowo na podstawie niniejszej ustawy,
- zapewnieniem skutecznej edukacji dzieciom, z którymi byłoby ono kształcone.”

Edukacja dzieci o specjalnych potrzebach odbywa się:

- w szkołach specjalnych;
- w klasach specjalnych działających przy zwykłych szkołach;
- w klasach ogólnodostępnych w systemie zintegrowanym.

Zgodnie z normą, obowiązującą także i w innych krajach, nauczyciele pracujący w szkołach specjalnych są odpowiedzialni za cały program kształcenia realizowany przez uczniów. W szkołach ogólnodostępnych nauczyciel w klasie jest wspierany przez specjalistę, który udziela mu niezbędnych wskazówek z zakresu wszystkich aspektów potrzeb dziecka związanych z niepełnosprawnością wzrokową. Osoby odpowiedzialne za tego typu działania określane są mianem "nauczycieli wizytujących", którzy jedynie okresowo mają kontakt z uczniami. Poziom oferowanego wsparcia różni się w zależności od dziecka i regionu Irlandii, w którym odbywa się edukacja. W Wielkiej Brytanii ta sama funkcja jest pełniona przez "Kwalifikowanego nauczyciela osób z dysfunkcją wzroku" (Qualified Teacher of the Visually Impaired - QTVI).

Jednym z głównych elementów Ustawy o Edukacji Osób ze Specjalnymi Potrzebami Edukacyjnymi (EPSEN) (2004) było wprowadzenie Indywidualnych Planów Edukacyjnych (Individual Educational Plans - IEP), umożliwiających nauczycielom dostęp do indywidualnych informacji dotyczących potrzeb ucznia. Obejmują one różne aspekty, takie jak pomoce naukowe, strategie nauczania i odpowiednie dostosowanie materiałów edukacyjnych. Ponieważ jednak ten aspekt ustawy nie został jeszcze uchwalony, wdrożenie indywidualnych planów edukacyjnych pozostaje opcjonalne i nie jest obowiązkowe w Irlandii.

2.1 System Edukacji

W Irlandii system edukacji podzielony jest na 3 etapy:

- Poziom podstawowy;
- Poziom drugi (średni);
- Poziom trzeci (uczelnie/universytety lub wyższe/zawodowe szkolenia).

Wymagane jest, aby dzieci uczęszczały do szkoły w wieku od sześciu do szesnastu lat lub do ukończenia co najmniej trzech lat kształcenia na poziomie średnim. Edukacja przedszkolna prowadzona jest zazwyczaj przez prywatne instytucje, zapewniające opiekę nad dziećmi. Normą jest rozpoczęcie przez dzieci nauki we wrześniu, po ich czwartych urodzinach.

Czterolatki i pięciolatki są zapisywane do młodszych lub starszych klas dziecięcych. Po ich ukończeniu kontynuują naukę przez kolejne sześć lat w szkole podstawowej. Klasy są ponumerowane od 1-6. Program nauczania dla szkół podstawowych obejmuje następujące kluczowe obszary:

- język: angielski i irlandzki,
- matematyka,
- edukacja społeczna, środowiskowa i naukowa: historia, geografia, nauka;
- edukacja artystyczna: sztuki wizualne, muzyka i dramat;
- wychowanie fizyczne;
- edukacja indywidualna, społeczna i zdrowotna.

Program nauczania matematyki ma miejsce od najmłodszych klas do 6 klasy. Określa umiejętności, które mają być rozwijane i jest nauczany w sposób, który zachęca do kreatywności i rozwiązywania problemów. Służą temu dyskusje oraz wykorzystanie materiałów i doświadczeń praktycznych. Głównym celem jest rozwijanie umiejętności w zakresie języka i myślenia matematycznego oraz zachęcanie do dyskursu matematycznego. Kluczowe cele tego etapu edukacji to:

- Stosowanie koncepcji i zapewnienie możliwości rozwiązywania problemów;
- Zdolność do komunikowania się i wyrażania pojęć i konstrukcji matematycznych;
- Łączenie poznawanych zagadnień w obrębie jednego obszaru tematycznego oraz znajdowanie związków z resztą programu nauczania;
- Rozwijanie zdolności w zakresie rozumowania i stosowania (implementacji);
- Stosowanie poznanych koncepcji i rozwijanie umiejętności odwołania się do nich po ukończeniu nauki.

Treści edukacyjne dla dzieci podzielone są na różne obszary kluczowe:

- Liczby: Zaczyna się od czterech zagadnień: klasyfikowanie, dopasowywanie, porównywanie i uporządkowanie. Na poziomie dziecięcym obejmuje to liczenie i analizę liczb. W pierwszej i drugiej klasie dzieci poznają pozycyjny system liczbowy, operacje i ułamki. Miejsca dziesiętne pojawiają się w trzeciej klasie, a wartości procentowe w piątej.
- Algebra: Ten dział jest formalnie realizowany na wszystkich poziomach edukacji i obejmuje wzory, sekwencje, wyrażenia liczbowe, liczby dodatnie i ujemne, reguły i właściwości, zmienne i równania.
- Kształt i przestrzeń: kształt i przestrzeń bada orientację przestrzenną i jej zastosowanie. Skupia się na rzeczywistych sytuacjach i obejmuje moduły dotyczące dwuwymiarowych i trójwymiarowych kształtów, symetrii, linii i kątów.
- Pomiary: ta część składa się z sześciu jednostek, które mają na celu dostarczenie informacji z zakresu wszystkich aspektów pomiaru i oceny. Tematy obejmują zagadnienia długości, powierzchni, wagi, pojemności, czasu i waluty;
- Dane i zdarzenia losowe: w tej części programu przedstawiany jest materiał, który obejmuje interpretację i rozumienie wizualnych reprezentacji. Elementy prawdopodobieństwa promują myślenie, dyskusję i podejmowanie decyzji i są wprowadzane w formie gier i zajęć sportowych.

Drugi poziom edukacji składa się z trzyletniego cyklu młodszego (junior cycle), po którym następuje dwuletni lub trzyletni cykl starszy (senior cycle), w zależności od tego, czy po

ukończeniu egzaminu Junior Certificate miał miejsce rok przejściowy (Transition Year). Uczniowie zazwyczaj rozpoczynają cykl młodszy w wieku 12 lat. Junior Certificate uzyskują po trzech latach. Junior Certificate z Matematyki (Junior Certificate Mathematics) ma za zadanie "...rozwijać wiedzę matematyczną, umiejętności i zrozumienie potrzebne do kształcenia ustawicznego, do życia i do pracy" [8]. Jego głównym celem jest rozwijanie umiejętności radzenia sobie z pojęciami matematycznymi w ujęciu kontekstowym i zastosowaniach, a także w rozwiązywaniu problemów. Ma również na celu wspieranie rozwoju umiejętności czytania, pisania i liczenia oraz promowanie pozytywnego podejścia do matematyki wśród uczniów. Istnieje kilka poziomów matematyki, które uczeń może realizować, wśród nich poziom podstawowy i wyższy (czasami nazywany "zaszczytny"). Bardzo niewielu niewidomych uczniów podejmuje edukację matematyczną na poziomie wyższym. Przyczyny tego są złożone. Po pierwsze, znaczny czas niezbędny na przygotowanie do egzaminu z matematyki na poziomie wyższym. Uczniowie i nauczyciele uważają, że trud i wysiłek w to włożony umniejszyłby oceny z innych przedmiotów, zaniedbanych przez ucznia. Po drugie, irlandzcy uczniowie otrzymują tylko dziesięć dodatkowych minut na godzinę podczas zdawania egzaminów państwowych, niezależnie od przedmiotu. Biorąc pod uwagę dodatkowy czas potrzebny zarówno na rozwiązywanie jak i czytanie matematyki, wielu z nich uważa, że ilość dostępnego czasu jest całkowicie niewystarczająca do tego, aby możliwe było zdanie egzaminu przez niewidomego lub słabowidzącego ucznia zgodnie z wymaganymi standardami.

Program obejmuje następujące działy:

- Statystyka i prawdopodobieństwo;
- Geometria i trygonometria;
- Liczby;
- Algebra;
- Funkcje.

Zakres programu nauczania na poziomie podstawowym jak i wyższym jest bardzo obszerny. Szczegółowe informacje na ten temat są dostępne w [9, 10].

Podczas ostatnich dwóch lat cyklu starszego (senior cycle), uczniowie realizują jeden z trzech programów edukacyjnych, z których każdy kończy się egzaminem państwowym – Established Leaving Certificate (najczęściej stosowany), Leaving Certificate Vocational Programme lub Leaving Certificate Applied. Na podstawie wyników egzaminu Established Leaving Certificate przydzielane są miejsca na uniwersytetach, instytutach technologicznych i szkołach wyższych. Leaving Certificate Vocational Programme różni się od Established Leaving Certificate większym skoncentrowaniem na przedmiotach technicznych i zawiera dodatkowe moduły zawodowe.

Głównym celem programu Leaving Certificate Applied jest przygotowanie uczestników do dorosłego i zawodowego życia poprzez odpowiednie doświadczenia edukacyjne. Mają one na celu rozwój następujących obszarów ludzkiego działania: duchowego, intelektualnego, społecznego, emocjonalnego, estetycznego i fizycznego. Program ten nie daje możliwości bezpośredniej kontynuacji nauki na trzecim poziomie edukacji, ale umożliwia uczniom udział

w tzw. kursach pośrednich (Post-Leaving Certificate). Kursy te mają zwykle charakter zawodowy i stanowią pomost pomiędzy edukacją na poziomie drugim (średnim) i trzecim (uczelnie i szkoły wyższe). Warto w tym miejscu nadmienić, że z uwagi na bardzo małą liczbę uczniów niewidomych i słabowidzących w Irlandii, dokładne dane określające liczbę uczniów wybierających poszczególne rodzaje programów nie są dostępne. Próba pozyskania tych danych z innych źródeł (aczkolwiek możliwa) byłaby naruszeniem regulacji o ochronie danych osobowych GDPR. Z tego względu bardzo niewiele danych liczbowych znajduje się w tej części raportu, ponieważ mogłyby być one traktowane wyłącznie jako dane orientacyjne.

Cele programu Leaving Certificate Mathematics oparte są na 3-ech kluczowych zasadach. Został on zaprojektowany aby wspierać koncepcyjne rozumienie pojęć, operacji i relacji matematycznych. Po drugie, ma on na celu nabycie umiejętności wykonywania procedur w sposób elastyczny, dokładny, wydajny i odpowiedni. Po trzecie, ma na celu nabycie przez uczniów umiejętności formułowania, przedstawiania i rozwiązywania problemów matematycznych zarówno w znanych, jak i nieznanym kontekstach. Do czasu przystąpienia do egzaminu Leaving Certificate i uzyskania świadectwa ukończenia szkoły średniej uczniowie powinni nabyć umiejętność logicznego myślenia, obserwacji, wyjaśniania, uzasadniania i komunikacji.

Program nauczania Leaving Certificate Mathematics obejmuje 5 działów:

- Statystyka i prawdopodobieństwo;
- Geometria i trygonometria;
- Liczby;
- Algebra;
- Funkcje.

Należy zauważyć, że większy nacisk położono na geometrię euklidesową oraz zastosowanie prawdopodobieństwa i statystyki, w których dominują treści wizualne. W przeciwieństwie do tego zmarginalizowano rachunek różniczkowy i algebrę liniową z wektorami i macierzami, które zostały całkowicie usunięte z programu nauczania (wszystkie one mają naturę mniej wizualną). Tym samym program nauczania matematyki, zamiast być bardziej włączającym, stał się wykluczający dla uczniów niewidomych i słabowidzących. Podobny do tego argument pojawił się w raporcie stowarzyszenia AHEAD (Association for Higher Education Access and Disability) [11], w którym stwierdzono, że wraz ze wzrostem wizualnych wymiarów w nowych programach nauczania matematyki, uczniowie niewidomi i słabowidzący stają obecnie wobec kolejnych wyzwań, związanych z ich dostępnością.

Z uwagi na fakt, że programy nauczania matematyki na poziomie podstawowym i wyższym są bardzo obszerne, czytelnik znajdzie szczegółowe informacje na ten temat w [8].

W Wielkiej Brytanii istnieje pięć etapów edukacji: wczesna (early years), podstawowa (primary), średnia (secondary), kształcenie uzupełniające (Further Education - FE) i szkolnictwo wyższe (Higher Education - HE). Edukacja jest obowiązkowa dla wszystkich dzieci w wieku od 5-ego (4-ego w Irlandii Północnej) do 16-ego roku życia. Edukacja na

poziomie FE nie jest obowiązkowa i obejmuje kształcenie niezaawansowane, które może być podejmowane na kolejnych (w tym wyższych) uczelniach edukacyjnych (szkołach pomaturalnych) i instytucjach szkolnictwa wyższego (HE Institutions - HEIs). Piąty etap - HE, to nauka wykraczająca poza poziom GCSE², A³ i ich odpowiedniki, który dla większości studentów odbywa się w pełnym wymiarze na uniwersytetach i innych uczelniach. Rozpatrując sytuację w Wielkiej Brytanii należy stwierdzić, że istnieją regionalne różnice w systemach edukacyjnych, obowiązujących na danym obszarze prawnym. Nie będziemy zagłębiać się w zawłości każdego z tych wariantów. Ogólny przegląd systemu przeprowadzono jedynie w celach referencyjnych i porównawczych. Należy również pamiętać, że ze względu na wielowiekową wspólną historię istnieje wiele podobieństw między systemami edukacji w obydwu krajach. Terminologia użyta do ich opisu jest nieco inna, jednak we wszystkich praktycznych zastosowaniach są one analogiczne.

Etap podstawowy obejmuje trzy kategorie wiekowe: przedszkole (do 5 lat), dzieci młodsze (od 5 do 7-8 lat) i dzieci starsze (do 11-12 lat). W Szkocji i Irlandii Północnej zasadniczo nie ma rozróżnienia pomiędzy szkołami dla dzieci młodszych i starszych. W Walii, chociaż rodzaje szkół są takie same, podstawowa edukacja (Foundation Phase) obejmuje zarówno edukację dzieci w wieku 3-5 lat, znaną wcześniej jako tzw. edukacja wczesna (Early Years), oraz edukację dzieci w wieku od 5-7 lat, tworząc jeden etap edukacji dla dzieci w wieku od 3-7 lat.

W Anglii szkoły podstawowe są zazwyczaj przeznaczone dla 4-11 latków. Zwykle przejście do szkoły średniej odbywa się w wieku 11 lat (w Anglii, Walii i Irlandii Północnej) lub 12 lat (w Szkocji), ale w Anglii niektóre dzieci przechodzą do szkół średnich w wieku 8-14 lat. W zależności od przedziałów wiekowych poszczególne szkoły średnie są klasyfikowane jako podstawowe lub średnie.

Głównymi celami edukacji podstawowej jest nabycie przez wszystkich uczniów umiejętności czytania i liczenia, a także stworzenie podstaw w nauce, matematyce i innych dziedzinach.

W Wielkiej Brytanii istnieje wiele różnych rodzajów szkół średnich. W Anglii szkoły ogólnokształcące (comprehensive schools) w większości przyjmują uczniów niezależnie od zdolności i umiejętności edukacyjnych. Obsługują one wszystkie dzieci w rejonie, ale

² **General Certificate of Secondary Education** (GCSE) - egzamin zdawany zwykle na zakończenie nauki w szkole średniej, w wieku 15-16 lat, na tak zwanym 11 roku (ang. Year 11) w Anglii, Walii i Północnej Irlandii. Uczniowie mogą wybrać 6-10 przedmiotów, uzyskując stopnie A - G, przy czym stopień A jest najwyższą oceną. Jest to warunek konieczny do kontynuowania nauki w systemie A-level lub matury międzynarodowej.

³ **General Certificate of Education Advanced Level**, zwany w skrócie **A-level** jest jedną z najczęściej obieranych ścieżek edukacyjnych, niezbędnych do rozpoczęcia nauki na szczeblu szkoły wyższej. A-level zdawany jest przez uczniów w wieku 16-18 lat, po dwuletniej nauce (rzadziej, po rocznej, intensywnej). Uczniowie mogą wybrać od 2 do 4 przedmiotów, pod warunkiem, że uzyskali już GCSE z tych przedmiotów (z wyjątkiem niektórych przedmiotów nieoferowanych na poziomie GCSE jak np. prawo).

w niektórych obszarach działają razem z innymi szkołami jak np. grammar schools⁴, przyjmującymi uczniów, którzy osiągnęli określony standard na poziomie podstawowym.

Pod koniec tego etapu edukacji uczniowie zwykle przystępują do egzaminów zewnętrznych. Najczęściej są to GCSE (General Certificate of Secondary Education) w Anglii, Walii i Irlandii Północnej oraz Standard Grades w Szkocji, chociaż dostępnych jest wiele innych. W Szkocji uczniowie przystępują do egzaminów państwowych (National Qualifications – NQ): Standard grade (dwuletnie przygotowanie do egzaminu na koniec czwartej klasy szkoły średniej) i NQ Higher grade, przed którym należy ukończyć przynajmniej jeszcze jeden rok szkoły średniej.

“Ogólnokrajowy program nauczania matematyki ma na celu zapewnienie, aby wszyscy uczniowie:

- o mogli płynnie opanować podstawy matematyki, w tym m.in. poprzez różnorodne i częste ćwiczenia z coraz bardziej złożonymi problemami (w miarę upływu czasu), służące rozwijaniu pojęciowego zrozumienia oraz nabyciu umiejętności szybkiego przywoływania i stosowania wiedzy;
- o potrafili rozumować w sposób matematyczny, podążając za linią zapytania, domniemając związki i uogólnienia oraz rozwijając argument, uzasadnienie lub dowód za pomocą języka matematycznego;
- o potrafili rozwiązywać problemy, z rosnącą wprawą stosując matematykę do różnych rutynowych i nie rutynowych problemów, w tym dzielić problemy na serie uproszczonych kroków w wytrwałym poszukiwaniu rozwiązań.” [12]

Program nauczania matematyki w Wielkiej Brytanii jest bardzo podobny do programu obowiązującego w Irlandii. Szczegółowe informacje na ten temat są dostępne w [12, 10].

2.2 Ocenianie i egzaminowanie

Uznano, że egzaminy w standardowej formie stanowią wyzwanie dla uczniów z dysfunkcją wzroku [13]. W celu usunięcia barier uczniowie niewidomi i słabowidzący są uprawnieni do racjonalnych usprawnień i wsparcia na egzaminach państwowych.

W Irlandii wnioski takie są składane w ramach programu Reasonable Accommodations at the Certificate Examinations (RACE). RACE pomaga kandydatom ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi (Special Educational Needs - SEN) wykazać się pełnym poziomem osiągnięć na egzaminach państwowych, przy zachowaniu integralności egzaminu i zastosowaniu tych samych standardów, jak dla wszystkich pozostałych kandydatów [14]. Zakres przystosowania egzaminów dla kandydatów niewidomych/słabowidzących obejmuje:

⁴ **Grammar Schools** to selektywne państwowe szkoły średnie w Wielkiej Brytanii, do której uczniowie są przyjmowani na podstawie zdolności i umiejętności. Nauka w tych szkołach jest bezpłatna. Grammar schools otwierają dzieciom drogę na najlepsze uniwersytety w UK. Poziomem dorównują brytyjskim szkołom prywatnym. Od 1965 roku większość z nich została wchłonięta przez ogólnokształcący system szkolny (pozostało ich w UK około 160, głównie w hrabstwach Kent, Essex, Londyn).

- Dodatkowy czas (10 minut na każdą godzinę, ale nie więcej niż 30 minut);
- Dostęp do formularzy egzaminacyjnych w powiększonym formacie - rozmiar A3;
- Drukowane wersje dostosowanych dokumentów egzaminacyjnych;
- Brajlowskie wersje dostosowanych dokumentów egzaminacyjnych;
- Czytnik lub asystent czytający treści egzaminacyjne, wspomaganie zapisu w postaci edytora tekstu, urządzenia nagrywającego lub osoby zapisującej [14].

Warto przyjrzeć się rodzajom modyfikacji, które mogą być wprowadzane do arkuszy egzaminacyjnych w Irlandii. Na zmodyfikowanych wersjach arkuszy egzaminacyjnych wykresy i inne obrazy mogą zostać usunięte lub uproszczone, a zadania zawierające schematy i rysunki zastępowane innymi o podobnych wymaganiach. Do arkuszy w brajlu dołączane są tyflografiki z etykietami brajlowskimi. Kandydaci mogą mieć dostęp do zmodyfikowanych arkuszy zarówno w wersji drukowanej (format A4 lub A3), jak i brajlowskiej, jednak nie mogą mieć dostępu jednocześnie do zmodyfikowanej i niezmodyfikowanej wersji arkusza. Kandydaci korzystający ze zmodyfikowanych dokumentów będą mieli notę wyjaśniającą dołączoną do ich oceny stwierdzającą, że "wszystkie części egzaminu z tego przedmiotu zostały ocenione, z wyjątkiem sprawdzenia umiejętności graficznych w pracach pisemnych." [14]. Stwierdzenia te oznaczają, że modyfikacje wprowadzone do arkuszy matematycznych są związane wyłącznie z reprezentacją informacji przedstawionej w formie graficznej.

W Wielkiej Brytanii sposób przeprowadzania egzaminów jest bardzo podobny. Prace są modyfikowane przez tzw. "exam modifiers". Podczas wprowadzania modyfikacji należy przestrzegać następujących zasad:

“

- Zmodyfikowane pytanie musi oceniać te same umiejętności, wiedzę i pojęcia, co pytanie oryginalne w drukowanej wersji arkusza i umożliwiać, by kandydat był oceniany wg tych samych kryteriów wynikających z krajowych programów nauczania.
- Pytanie powinno mieć równoważny poziom trudności w stosunku do oryginału.
- Wszelkie zmiany powinny być równoważne z oryginalnym arkuszem egzaminacyjnym zarówno pod względem treści, jak i wagi pytań.
- Zmodyfikowane pytanie nie powinno wymagać od kandydatów nieproporcjonalnie dużej ilości czasu do uzyskania stosunkowo niewielkiej liczby punktów.
- W przypadku, gdy modyfikacja istniejącego pytania nie jest możliwa, modyfikator może zaproponować pytanie zastępcze, spełniające te same kryteria oceny. Wymaga ono zatwierdzenia przez Komisję Egzaminacyjną (Awarding Body). W przypadku gdy Komisja uzna pytanie zastępcze za niewłaściwe, powinna skonsultować się z modyfikatorem w celu ustalenia dalszych działań, przy zapewnieniu minimum zakłóceń bądź dezorientacji kandydata.”

Być może najważniejszym aspektem wsparcia uczniów niewidomych i słabowidzących w warunkach egzaminacyjnych jest zapewnienie im wystarczającej ilości czasu, tak aby mogli udzielić odpowiedzi na pytania, spełniając wymagany standard. Istnieją mechanizmy zapewniające taką możliwość. W Wielkiej Brytanii uczniowie niewidomi mają dodatkowy czas z dokładnością do 25%, 50% lub więcej, jeśli zajdzie taka potrzeba. Stanowi to wyraźny kontrast w porównaniu do sytuacji w Irlandii (opisanej powyżej), w której przydzielono jedynie dziesięć minut dodatkowych na godzinę; do maksymalnie 30 dodatkowych minut na dany egzamin. Dla przedmiotów takich jak matematyka (lub inne dyscypliny związane ze STEM) wydaje się to być całkowicie niewystarczające.

Więcej informacji na temat sposobu przeprowadzania egzaminów w Wielkiej Brytanii można znaleźć w [15].

2.3 Metodyka nauczania

Metody nauczania i uczenia się są powiązane z możliwością realizacji programu nauczania matematyki przez uczniów niewidomych/słabowidzących [11, 16, 17, 18]. Konsensus tych autorów wydaje się być taki, że elastyczne i wspierające strategie nauczania są niezbędne do tego, aby zapewnić osobom z dysfunkcją wzroku możliwość wykorzystania swojego pełnego potencjału podczas realizacji programu nauczania matematyki. Ważne jest, aby nauczyciele rozumieli indywidualne potrzeby swoich niewidomych i słabowidzących uczniów, zwłaszcza, że są one różne w zależności od rodzaju niepełnosprawności wzrokowej, tj. całkowitej utraty wzroku lub niedowidzenia [11].

Podczas realizacji podstawy programowej z matematyki nauczyciele muszą wprowadzać zmiany dla zaspokojenia specyficznych potrzeb uczniów z dysfunkcją wzroku na zajęciach z matematyki [19] [17]. Autorzy stwierdzili, że metodologia nauczania "kreda i rozmowa" często wdrażana na lekcjach matematyki, skoncentrowana przede wszystkim na tym, co nauczyciel mówi oraz przykłady zapisywane na tablicy, mają negatywny wpływ na zaangażowanie uczniów niewidomych i słabowidzących na lekcji. Przyjęcie dużej ilości wypowiedzianych informacji matematycznych, bez odniesienia do tego, co dzieje się na tablicy, wiąże się z dużym zapotrzebowaniem na pamięć [20]. W [17] sprawozdano, że większość nauczycieli ze szkół głównego nurtu nie ma żadnej wiedzy na temat brajla i brajlowskiej notacji matematycznej, co tworzy dodatkową barierę w nauczaniu matematyki uczniów z dysfunkcją wzroku.

Uczestnicy badania opisanego w [17] wyrazili opinię, że niezwykle korzystny był dla nich dostęp i możliwość skorzystania przed każdą lekcją z materiałów edukacyjnych w dostępnych formatach. Niestety nie w każdym przypadku tak było. Uczniowie czuli się wówczas tak, jakby zawsze nadrabiali zaległości. Ci, którzy używali wyłącznie brajla do czytania lub rozwiązywania równań matematycznych, przez dłuższy czas byli pozostawieni bez kluczowych materiałów.

Nauczyciele wykorzystują szereg technologii w procesie nauczania matematyki. Laptopy i tablety są używane w połączeniu z interaktywną tablicą. Co ciekawe, na etapie zbierania danych w prowadzonych w projekcie badaniach okazało się, że istnieje znaczna różnica

między metodologią stosowaną w szkołach ogólnodostępnych w porównaniu do edukacji specjalnej. W szkole głównego nurtu nauczyciel używa laptopa i/lub tabletu do wyświetlania różnego rodzaju materiałów na tablicy interaktywnej. Na przykład nauczyciel może wyświetlić fragmenty podręcznika i zademonstrować znalezione w nim przykłady. Może również zakreślić i wyróżnić sposoby rozwiązania problemów dotyczących wykresów i grafiki matematycznej przy użyciu graficznego kalkulatora, jak również wyświetlać filmy z kanałów na YouTube. Oprogramowanie Desmos [21] nie było używane przez nauczycieli, którzy wzięli udział w badaniu.

W szkołach specjalnych techniczne podejście w edukacji matematycznej zauważalne jest w znacznie mniejszym stopniu. Tutaj nauczyciele stosują bardziej tradycyjne metody zapisu na tablicy i omawiania problemu. Warto jednak zauważyć, że powodem tego nie musi być różnica w podejściu do nauczania, a raczej specyficzne problemy stojące przed samą szkołą. Kilka lat temu budynki szkolne zostały poważnie uszkodzone przez zdarzenia pogodowe skutkujące pożarami. W wyniku tego szkoła znajduje się aktualnie w tymczasowej lokalizacji, gdzie wielu udogodnień istniejących w innych szkołach ogólnodostępnych tutaj po prostu nie ma. Interesujące będzie ponowne rozpoznanie tego tematu w nadchodzących latach, kiedy powstanie nowa siedziba szkoły wraz z niezbędnym sprzętem i udogodnieniami.

Pod względem infrastruktury poziom dostępności jest niezwykle zróżnicowany. Ze względu na brak dostępu do sieci szerokopasmowej na obszarach wiejskich w Irlandii, nie jest możliwe zapewnienie go szkołom. Tym samym, sposób wykorzystywania technologii w sektorze edukacji zależy od lokalizacji szkoły. Wśród samych nauczycieli można zaobserwować niejednorodny poziom kompetencji informatycznych. Niektórzy z nich korzystają z technologii, podczas gdy wielu innych opowiada się za tradycyjną formą przekazu informacji typu "kreda i rozmowa".

2.4 Dostęp uczniów niewidomych do matematyki

Aby zrozumieć metody stosowane przez uczniów niewidomych w Irlandii w dostępie do matematyki, należy najpierw opisać sposób dostarczania materiałów. Jak wynika z [7] "Krajowa produkcja brajla w Childvision została ustanowiona w celu zaspokojenia potrzeb edukacyjnych dzieci z wadami wzroku w edukacji głównego nurtu jak i szkolnictwie specjalnym na poziomie podstawowym i średnim. Usługa transkrypcji na brajla i format alternatywny została oficjalnie otwarta 1 września 2000 r. "

Jest to usługa ogólnokrajowa, zapewniająca dostęp do materiałów edukacyjnych, dzięki transkrypcji do wielu formatów dostępnych dla dzieci z wadami wzroku.

Obecnie dostępne są następujące formaty: „Brajl, wykresy dotykowe, Moon, powiększony druk, książki DAISY (dostępne pliki mp3) i dostosowane pliki tekstowe do użytku z mową syntetyczną, oprogramowaniem powiększającym lub różnymi elektronicznymi urządzeniami wyjściowymi Braille'a. Wszystkie transkrypcje są zgodne z uznanymi wytycznymi krajowymi i międzynarodowymi." [7]

Warto zauważyć, że oprócz dostarczania materiałów w brajlu, organizacja ta oferuje aktualnie usługę (znaną jako "Online Bookshelf"), która umożliwia zarejestrowanym użytkownikom

pobieranie materiałów na urządzenia obsługujące formaty cyfrowe, takie jak DAISY [22]. Dla uzyskania dostępu do materiałów z tego serwisu wymagane jest złożenie wniosku przez nauczyciela wizytującego, któremu powierza się pracę z danym dzieckiem.

Większość treści matematycznych jest tworzona przy zastosowaniu notacji brajlowskiej Unified English Braille (UEB) [23]. Choć elektroniczne urządzenia brajlowskie stają się coraz powszechniejsze, wszystkie dzieci otrzymują papierowe kopie wszystkich podręczników szkolnych.

Proces produkcji materiałów w formatach dostępnych dla uczniów niewidomych i słabowidzących jest tym bardziej złożony, ponieważ wydawcy nie mają obowiązku udostępniania książek w postaci cyfrowej (źródłowej). W związku z tym dział Reading Services w Childvision [7] musi:

1. Zakupić materiały w wersji papierowej;
2. Zeskanować je do formatu Microsoft Word;
3. Wprowadzić ręcznie niezbędne poprawki.

W przypadku treści tekstowych proces ten jest wystarczająco uciążliwy, jednak w przypadku wyrażeń matematycznych staje się jeszcze bardziej dotkliwy ze względu na to, że używane oprogramowanie do optycznego rozpoznawania znaków (Optical Character Recognition - OCR) nie obsługuje tego typu treści. Dlatego każdą formułę należy wprowadzić ręcznie za pomocą edytora równań w programie Microsoft Word. Po zakończeniu tego procesu podręcznik może zostać przetłumaczony przy użyciu komercyjnego oprogramowania do konwersji na brajla.

Informacje te są istotne również z powodu tego, że uczniowie bardzo często czekają na wydanie podręczników. W przeciwieństwie do innych krajów, istnieje mnóstwo różnych książek różnych wydawców, które zawierają treści określone w programie nauczania matematyki. Brak informacji dostępnych dla niewidomych uczniów stanowi istotną barierę dla dobrego, skutecznego działania w tej dziedzinie.

Zasadniczo, urządzenia używane przez niewidomych uczniów w celu uzyskania dostępu do matematyki zarówno w Irlandii jak i w Wielkiej Brytanii są podobne do urządzeń stosowanych w pozostałych krajach. Nie jest to zaskoczeniem, ponieważ dostępne technologie wspomagające (Assistive Technology – AT) są porównywalne na całym świecie. Ponadto wiele firm, które opracowują technologie wspomagające dla niewidomych i słabowidzących, dla celów sprzedaży traktuje Irlandię i Wielką Brytanię jako jeden region. Tak więc ci sami lokalni sprzedawcy prowadzą sprzedaż w obydwu krajach. Uczniowie zwykle używają notatników brajlowskich Brailenote Touch/Apex (produkowanych przez Humanware) lub podobnych produktów, takich jak BrailleSense produkowanych przez Hims Inc. Urządzenia te są często połączone z monitorami, dzięki czemu nauczyciel widzi, co pisze uczeń. Ponieważ nowsze notatniki działają na platformie Android, zakres dostępnych aplikacji wspierających ucznia jest znacznie bardziej poszerzony niż wtedy, kiedy jedynymi dostępnymi dla osób z dysfunkcją wzroku były starsze warianty oparte na systemie operacyjnym Windows CE z dostosowanymi pakietami aplikacji. Jedną z atrakcji oferowanych przez rodzinę Brailenote lub BrailleSense jest obecność konwerterów UEB. Oznacza to, że przynajmniej z teoretycznego punktu widzenia, student może wprowadzić matematykę w brajlu, a nauczyciel może łatwo uzyskać do niej dostęp w postaci drukowanej. Biorąc jednak pod uwagę wysoce kontekstowy charakter brajla oraz nieodłączne problemy translacji związane

z gramatyką kontekstową, zawsze będą występować błędy w procesie tłumaczenia. Chociaż można je minimalizować, to jednak zawsze może pojawić się problem, że coś wpisane poprawnie przez ucznia w brajlu nie jest właściwie konwertowane na postać drukowaną. Jest to szczególnie ważne w przypadku egzaminów.

Dla tych, którzy nie znają brajla, możliwości są bardziej ograniczone. Laptopy są używane z typowymi czytnikami ekranu (JAWS/NVDA), stosowanymi przez niewidomych użytkowników na całym świecie. Ponieważ obydwa te czytniki mają pewne ograniczenia w zakresie wsparcia kontentu matematycznego, są niewystarczające do tego, aby uczniowie mogli ukończyć matematykę na wyższym poziomie. Dla podkreślenia wagi problemu przytaczamy cytaty z wypowiedzi nauczyciela wizytującego:

„...Mam uczennicę, która w przyszłym roku kończy szkołę średnią i zdaje egzamin Leaving Certificate. Niedawno, w traumatycznych okolicznościach, straciła wzrok. Nie zna brajla, nie ma czasu na to, aby się go nauczyć, ponieważ właśnie kończy edukację. Udało nam się dostarczyć jej na laptopa tekstowe kopie podręczników do wszystkich przedmiotów oprócz matematyki. Używa JAWS-a i znakomicie posługuje się klawiaturą. Aby pomóc jej w matematyce, musiałem wziąć zwykły podręcznik do matematyki (*Texts and Tests 3* [24]) i zapisać go w formacie, który był czytany przez JAWS. Chociaż JAWS i inne czytniki ekranu wspierają szereg symboli matematycznych, to jednak nie obsługują pełnej listy symboli wymaganej na egzaminie Leaving Certificate”.

Aby rozwiązać problem, nauczyciel opracował własną notację dla przedstawienia materiału z matematyki. Interesujące jest to, że równoległe miało miejsce proces ewolucyjny i w Holandii opracowano podobną notację. Nauczyciel nie wiedział o istnieniu AsciiMath [1] i uważał, że istnieje potrzeba opracowania dedykowanej notacji dla jego uczennicy. Cechą charakterystyczną edukacji w Irlandii jest to, że nadal bardzo często wykorzystywany jest przez uczniów niewidomych starszy i bardziej tradycyjny sprzęt. Maszyna brajlowska Perkins jest być może najbardziej powszechnym narzędziem używanym do rozwiązywania równań matematycznych. Może to wynikać z braku wiedzy wśród części uczniów na temat bardziej zaawansowanych urządzeń, takich jak notatniki brajlowskie lub też z faktu, że użycie papieru zapewnia im przestrzenną interakcję z materiałem, czego inne urządzenia nie oferują.

2.5 Dostęp uczniów słabowidzących do matematyki.

Techniki i metody stosowane przez osoby ze szczątkowym widzeniem są podobne do tych opisanych wcześniej. Ponieważ ta grupa demograficzna może uzyskać dostęp do matematyki w wersji drukowanej (choć w nieco zmodyfikowanej formie), zakres dostępnych narzędzi jest niewątpliwie większy. Laptopy są używane do odczytu treści matematycznych. Uczniowie korzystają ze standardowego oprogramowania powiększającego. MS Word z wbudowanym edytorem równań jest używany przez uczniów do czytania materiałów, a także do prezentacji odpowiedzi i rozwiązań zadań nauczycielom. Większość symboli posiada klawisze skrótów, dzięki którym uczniowie mogą je szybko wprowadzać. Należy jednak podkreślić, że posługiwanie się skrótami powoduje wyjątkowo wysokie obciążenie kognitywne użytkownika. Oznacza to, że zasoby umysłowe, tradycyjnie używane do zrozumienia materiału, są przekierowane do zadania wprowadzania treści. Może to powodować zmęczenie i frustrację

użytkownika, co zostało rozpoznane w dziedzinie zajmującej się interakcją człowiek-komputer (Human Computer Interaction - HCI).

Tablety i smartfony odgrywają coraz ważniejszą rolę jeśli chodzi o wyrównanie szans edukacyjnych uczniów słabowidzących. Obecnie uczeń może zrobić zdjęcie materiału przedstawionego przez nauczyciela, a następnie przeglądać je i studiować w dogodnym dla siebie czasie. Aplikacje, takie jak kalkulatory graficzne stają się integralną częścią wyposażenia uczniów. Ponieważ mamy do czynienia przede wszystkim z aplikacjami, to standardowa technologia wspomagająca stosowana przez uczniów w celu zapewnienia ogólnego dostępu do tabletu może być również wykorzystana do uzyskania dostępu do tych narzędzi. Co ciekawe, istnieją obecnie aplikacje, których uczniowie używają do przechwytywania swojego pisma odręcznego, które jest następnie konwertowane na tekst. Niestety, respondent, który podał tę informację, nie miał wystarczającej wiedzy, aby dokładnie wskazać, które aplikacje są wykorzystywane a także na ile są one skuteczne w przypadku matematyki. Poniżej cytat bezpośredniej wypowiedzi jednego z respondentów:

“Jeśli chodzi o laptop, istnieje wiele stron, gdzie uczniowie mogą uzyskać informacje dotyczące tematów, znaleźć aplikacje odpowiednie do wprowadzania równań matematycznych, itp. Mathletics, Khan academy, GeoGebra Classic, Quick Graph, GCSE Maths, Mathway, ...to tylko niektóre z produktów z których korzystali moi uczniowie. Różnorodność aplikacji w App Store jest ogromna”.

Przeglądu tematu można dokonać również za pośrednictwem Internetu / Google / Firefox / YouTube, itp. Istnieje wiele witryn internetowych, które pomagają w nauce matematyki. Dostępnym jest również dostęp do platformy edukacyjnej Google Classroom. Wielu uczniów słabowidzących korzysta z usług takich jak Edmodo. Strony te oferują interaktywne sale lekcyjne oparte na technologii cyfrowej, a wszystkie materiały są dostarczane cyfrowo, co sprawia, że mogą z nich korzystać również uczniowie słabowidzący.

Podobnie jak w przypadku uczniów niewidomych, niektóre tematy nie wymagają rozwiązań technologicznych. Często zdarza się, że fizyczne materiały lepiej nadają się do wyjaśnienia niektórych rzeczy. W przypadku uczniów słabowidzących drukowana kopia tematu w odpowiednim powiększeniu, z czcionką dobraną pod względem rozmiaru i stylu, odpowiednio oznakowana kolorem może być ważniejsza niż jakakolwiek cyfrowa technologia. Często uczniowie słabowidzący wolą po prostu ręcznie pisać swoje odpowiedzi w standardowym lub powiększonym egzemplarzu podręcznika. Mogą używać standardowego lub dostosowanego papieru w kratkę. Powyższe informacje potwierdzają fakt, że chociaż technologia staje się powszechna, nie zastąpiła ona bardziej tradycyjnych form interakcji uczniów z treściami matematycznymi.

2.6 Dostęp uczniów niewidomych i słabowidzących do grafiki matematycznej

Nie ma nic niezwykłego, jeśli chodzi o metody rozpoznawania grafiki stosowane przez uczniów niewidomych i słabowidzących w Irlandii i Wielkiej Brytanii. Wiele szkół ma dostęp do technologii (takich jak Xyfuse i Piaf), służących do wydruku rysunków wypukłych dla niewidomych uczniów. Nie było możliwe ustalenie, czy któryś z nauczycieli lub asystentów specjalnych potrzeb (Special Needs Assistant) musiał odbyć odpowiednie szkolenie z zakresu tworzenia rysunków w dostępnym formacie. W 2017 r. dział Reading Services w Childvision [7] rozpoczął pilotażowy projekt, polegający na tworzeniu reprezentacji obiektów 3D z wykorzystaniem drukarek 3D. Jak wskazano w artykułach takich jak [25] niewidome dzieci preferują dostęp do obiektu, a nie do jego reprezentacji na schemacie. Chociaż nie przeprowadzono oficjalnych badań nad skutecznością tej nowej inicjatywy, uzyskane nieformalne informacje zwrotne od nauczycieli i uczniów były bardzo pozytywne. Nie wiadomo, czy podobna inicjatywa została podjęta w Wielkiej Brytanii, czy wydruki 3D były używane do zapewnienia dostępu do obiektów 3D w taki sam sposób jak w Irlandii.

Zgodnie z informacjami uzyskanymi od nauczycieli ze Szkoły Specjalnej dla dzieci niewidomych, najczęstszym sposobem eksplorowania artefaktów wizualnych jest stosowanie ręcznie robionych modeli.

„Nauczyciel, który był odpowiedzialny za departament matematyki, przeszedł na emeryturę” - powiedział jeden z nauczycieli - „i pozostawił po sobie wiele drobiazgów. Używał rolek od papieru toaletowego, puszek pokrytych papierem i wielu innych rzeczy, które w przeciwnym razie zostałyby wyrzucone. Na przestrzeni lat stworzył ogromną kolekcję.”. Znaczenie empirycznej wiedzy zdobytej przez nauczycieli jest ogromne. W przypadku informacji przedstawionych powyżej, nauczyciel, który skonstruował pomoce edukacyjne, pracował przez 40 lat z uczniami niewidomymi i niedowidzącymi. Oprócz tych ręcznie robionych modeli, powszechne jest używanie gumowych mat i cienkich arkuszy folii z tworzywa sztucznego do rysowania wykresów itp. Czytelnik może nie zdawać sobie sprawy, że gdy cienkie arkusze papieru umieszczone są na miękkich gumowych powierzchniach i obraz jest rysowany na plastiku, pojawia się on jako lustrzane odbicie w formie wypukłych linii na rewersie plastikowego arkusza. Ten prymitywny, aczkolwiek skuteczny sposób dostarczania niektórych wykresów uczniom niewidomym, jest od wielu lat stosowany w Irlandii i Wielkiej Brytanii.

Powszechne stosowanie tej pozornie prymitywnej metody przygotowywania wykresów wynika z dwóch powodów. Po pierwsze, dopiero w ostatnich latach technologia zaczęła odgrywać znaczącą rolę w edukacji wszystkich dzieci w Irlandii i Wielkiej Brytanii. Po drugie, wielu nauczycieli uznaje szkicowanie zarysu wykresu za pomocą gumowej maty i plastikowej folii za metodę bardziej wskazaną niż użycie złożonego sprzętu i oprogramowania, skoro uzyskiwany efekt końcowy w obydwu przypadkach jest mniej więcej taki sam. Ten punkt widzenia bardzo dobrze odzwierciedla opinie zawarte w [25].

Uczniom słabowidzącym łatwiej jest uzyskać dostęp do materiałów graficznych. Wielu z nich stosuje powiększanie obrazu na tablecie lub laptopie. Stwarza to jednak podobne problemy, jakie występują w przypadku uczniów niewidomych podczas zapoznawania się z tyflografiką. Kiedy rysunek jest powiększany na ekranie, tylko niewielka jego część jest w danym momencie widoczna. Dlatego też uczniom słabowidzącym jest niezwykle trudno uzyskać ogólny zarys

całego obrazu. W takiej sytuacji wielu z nich woli po prostu wydrukować grafikę na większym kawałku papieru. Dzięki temu, używając resztek swojego wzroku, mogą oni w łatwiejszy sposób zbadać powiększony obraz i uzyskać wgląd w niezbędne szczegóły. Z tych samych powodów i w tym samym kontekście stosowany jest również powiększony papier w kratkę.

2.7 Dyskusja

W edukacji matematycznej w Irlandii stosowane są mieszane metody: tradycyjne i wsparte technologiami, aby zapewnić uczniom niewidomym i słabowidzącym jak najlepszy dostęp do treści matematycznych. Kwestią niepokojącą jest, jak podkreślono w [26], brak studentów z niepełnosprawnością wzrokową na uniwersytetach i kursach trzeciego poziomu edukacji w porównaniu ze studentami z innych grup demograficznych. Informacje przedstawione w poprzednich rozdziałach mają istotny wpływ na dalszy rozwój narzędzi PlatMat.

Po pierwsze, aby opracowywane narzędzia były przydatne dla szkół w Irlandii, muszą zapewnić możliwość tworzenia dokładnych reprezentacji brajlowskich w obowiązującej notacji UEB [23], a ponadto, możliwość tworzenia reprezentacji w tym formacie w wersji papierowej. Chociaż w Irlandii nie przeprowadzono jeszcze formalnej oceny narzędzi PlatMat, zespół Reading Services [7] był szczególnie zachwycony wyborem EPUB3 jako formatu reprezentacji i zapisu treści matematycznych. Uznano, że jeżeli zostałby przyspieszony proces wprowadzania danych w materiałach, to dalszy rozwój mógłby stanowić realną alternatywę dla procesu opisanego w rozdziale 2.4, który jest obecnie stosowany przy produkcji podręczników.

Jak zauważono w sekcji 2.4, coraz częściej stosuje się elektroniczne urządzenia brajlowskie i laptopy. Jak pokazał przykład podany przez nauczyciela wizytującego, konieczne jest, aby wszelkie narzędzia służyły tym uczniom, którzy preferują rozwiązania modalne. Mamy więc dwie możliwości: albo nowo opracowane narzędzia powinny uwzględniać innowacyjną notację opracowaną przez nauczyciela wizytującego na potrzeby wspierania jej/jego uczniów, albo też powinny być przeprowadzone szkolenia z notacji opartej na standardzie AsciiMath [1], aby możliwe było wykorzystanie alternatywnego oprogramowania, używającego tej notacji. Konieczne będzie przeprowadzenie dalszych badań w celu ustalenia, w jakim stopniu ta nowo opracowana notacja jest stosowana. Jeśli jest to de facto standard wśród osób, które wspierają edukację uczniów niewidomych/słabowidzących, to narzędzia opracowane w ramach projektu EuroMath muszą się do tego dostosować. Jeśli natomiast okaże się, że jest ona wykorzystywana tylko przez jedną osobę, to prawdopodobnie jednym z wyników projektu będą materiały szkoleniowe pomagające nauczycielom w Irlandii stosować notację i oprogramowanie powszechnie używane w innych krajach.

Edukacja matematyczna uczniów niewidomych/słabowidzących w Irlandii stoi na rozdrożu, w miejscu gdzie „stare spotyka się z nowym”. EuroMath, oparty na wdrożonych wcześniej narzędziach PlatMat, pojawia się we właściwym momencie, by wytyczyć kierunek, w którym

może ona podążać. Nowo powstałe narzędzia przydadzą się uczniom i ich nauczycielom, a 300 przykładów najlepszych praktyk w tej dziedzinie będzie nieocenioną wartością. Rzeczywiście, kiedy rozmawialiśmy z nauczycielami w szkole specjalnej, to proponowane udostępnianie treści wywołało najwięcej emocji. Nie wiadomo, czy wynika to z braku wiedzy na temat tego, co można osiągnąć dzięki zastosowaniu rozwiązań technologicznych. Konieczne jest, aby projekty takie jak EuroMath zapewniły studentom w Irlandii większy dostęp do matematyki, a tym samym stworzyły im znacznie większe szanse osiągnięcia sukcesu zarówno naukowego, jak i zawodowego.

3 Edukacja matematyczna uczniów niewidomych i słabowidzących w Holandii

3.1 Edukacja w Holandii

3.1.1 Wprowadzenie do systemu edukacji

Mimo że obowiązek szkolny w Holandii obejmuje dzieci w wieku 5 lat, prawie każde dziecko rozpoczyna naukę w szkole podstawowej tak szybko, jak to możliwe, czyli po swoich czwartych urodzinach. Właściwa nauka rozpoczyna się już w trzecim roku życia dziecka. W zależności od szkoły nauczane są przedmioty takie jak: nauki przyrodnicze, geografia, historia, a nawet język angielski. Jednak główny nacisk kładziony jest na czytanie, pisanie i arytmetykę [27].

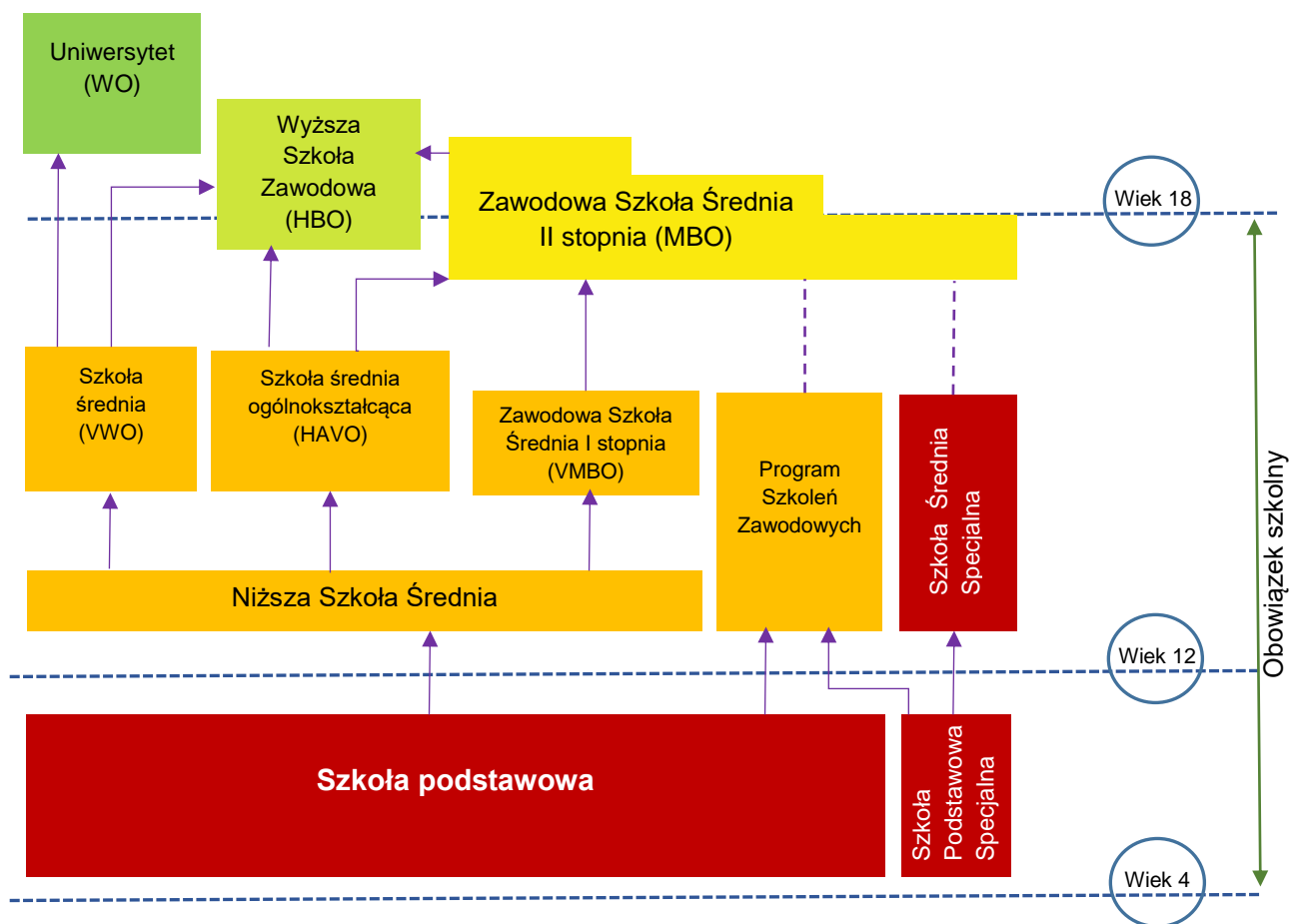
Pod koniec szkoły podstawowej, w wieku około dwunastu lat (patrz Rysunek 2), dzieci muszą przystąpić do obowiązkowego egzaminu tzw. testu osiągnięć CITO. Na podstawie wyników tego testu nauczyciele rekomendują najbardziej odpowiednią dla dziecka (uwzględniającą jego potencjał i umiejętności) ścieżkę dalszego kształcenia. Dzieci, które uzyskają wystarczająco wysoki wynik, aby przejść do VWO⁵ lub HAVO⁶ prawie na pewno będą kontynuowały edukację na studiach wyższych. Dzieci bardziej zorientowane na zdobycie zawodu będą odbywały kształcenie zawodowe w VMBO⁷. Jeśli dziecko trafia do VWO, będzie kontynuowało naukę przez 6 lat i zda egzaminy końcowe w wieku około osiemnastu lat. Po zdaniu egzaminów VWO może zostać przyjęte na uniwersytet. Program nauczania HAVO trwa pięć lat i toruje drogę do wyższej edukacji zawodowej w college'u HBO (Hoger Beroepsonderwijs - wyższa szkoła zawodowa). Istnieją cztery różne programy dla uczniów VMBO, od bardzo praktycznych do bardziej teoretycznych. Po czterech latach uczeń może kontynuować naukę w szkole MBO (średnie kształcenie zawodowe 2-ego stopnia). Dzieci mogą zmieniać poziomy w trakcie swojej kariery szkolnej, w zależności od osiągniętych wyników w nauce. Tak więc uczeń VMBO z oceną "A" może kontynuować edukację na poziomie HAVO, a uczeń, który niezbyt dobrze radzi sobie na poziomie VWO może powrócić do poziomu HAVO [27].

⁵ VWO (voorbereidend wetenschappelijk onderwijs) – szkoła średnia, gdzie prowadzona jest edukacja przygotowująca do kształcenia wyższego na uniwersytetach (ścieżka naukowa). Nauka trwa 6 lat i kończy się egzaminem z języka holenderskiego, angielskiego i matematyki. Wyróżnić można tu podział na klasy: młodsze (onderbouw) i starsze (bovenbouw).

⁶ HAVO (hoger algemeen voortgezet onderwijs) - edukacja średnia z ograniczoną maturą, typ szkoły o profilu ogólnokształcącym, gdzie prowadzona jest edukacja przygotowująca do kształcenia w szkołach wyższych ale nie uniwersyteckich (ścieżka zawodowa). Nauka trwa 5 lat i kończy się egzaminem z matematyki, języka holenderskiego i angielskiego. Absolwenci tego poziomu nauczania mogą kontynuować swoją naukę na uczelniach wyższych HBO (Hogerberoepsonderwijs), gdzie są przygotowani do zawodów, w których wymagane są wyższe kwalifikacje. Jeśli absolwenci HAVO chcą w przyszłości podjąć naukę na uczelni uniwersyteckiej, to po otrzymaniu dyplomu muszą kontynuować naukę przez dodatkowe 2 lata na poziomie VWO (bovenbouw).

⁷ VMBO (voorbereidend middelbaar beroepsonderwijs/ przygotowanie do zawodu) to typ szkoły przygotowującej uczniów (od 12 do 16 lat) do nauki zawodu w MBO (middelbaaberoeps onderwijs). Szkoły VMBO dzielą się na:

- vmbo theoretische leerweg (tl) – teoretyczne przygotowanie do zawodu
- vmbo gemengde leerweg (gl) – teoretyczne i praktyczne przygotowanie do zawodu
- vmbo kadeberoepsgerichte leerweg (kb lub kbl) – nauka zawodu przez praktykę
- vmbo basisberoepgerichte leerweg (bb) – przygotowanie do zawodu bez podstaw teoretycznych.



Rysunek 2. System edukacji w Holandii, na podstawie [28]

3.1.2 Kształcenie nauczycieli

Jeśli dana osoba chce zostać nauczycielem w szkole podstawowej, musi odbyć naukę w wyższej szkole zawodowej (tzw. PABO⁸). Studenci PABO są przygotowani do nauczania wszystkich programów edukacyjnych w szkołach podstawowych. Wstępny program szkolenia nauczycieli obejmuje wprowadzenie do nauczania uczniów o specjalnych potrzebach edukacyjnych. Wykwalifikowani nauczyciele szkół podstawowych są uprawnieni do nauczania każdego przedmiotu na poziomie podstawowym i średnim w szkolnictwie specjalnym [29].

W przypadku nauczania na poziomie szkoły średniej, istnieją dwa rodzaje kwalifikacji edukacyjnych:

- Niższa kwalifikacja dla średniego poziomu edukacji: tzw. kwalifikacja "drugiego stopnia" uprawniająca nauczycieli do nauczania na pierwszych trzech latach HAVO i VVO oraz pełnego cyklu (wszystkich lat) kształcenia zawodowego na poziomie średnim (VMBO / MBO). Nauczyciele uzyskują kwalifikacje do nauczania jednego, konkretnego przedmiotu. Kursy odbywają się na wyższych uczelniach zawodowych (wspomnianych wcześniej szkołach wyższych HBO).

⁸ PABO – odpowiednik studiów licencjackich

- Kwalifikacja pełna: tzw. kwalifikacja "pierwszego stopnia" uprawnia nauczycieli do nauczania uczniów na wszystkich poziomach w szkole średniej. Ogólnie rzecz biorąc, nauczyciele nabywają uprawnienia do nauczania jednego konkretnego przedmiotu. Kursy są prowadzone przez instytucje wyższego wykształcenia zawodowego oraz uniwersytety.

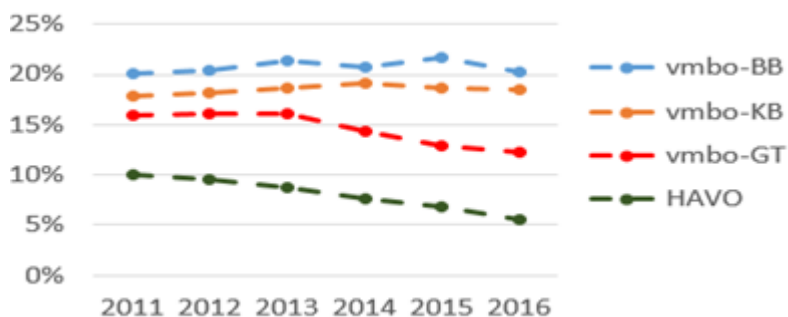
3.1.3 Różne pakiety matematyczne w HAVO i VWO

W VMBO istnieją 3 programy, każdy program oferuje naukę matematyki na innym poziomie, na tych poziomach wszyscy uczniowie zdają te same egzaminy. Inaczej jest w przypadku studentów HAVO i VWO. Pod koniec trzeciego roku szkoły średniej uczniowie wybierają swoje przedmioty z HAVO i VWO do egzaminu końcowego. Muszą wybrać jeden z czterech profili kształcenia, każdy z unikalną kombinacją przedmiotów. Profile wprowadzono na potrzeby ukierunkowania dalszej edukacji. Istnieją następujące 4 profile kształcenia: *nauka i technika* (NT), *nauka i zdrowie* (NG), *ekonomia i społeczeństwo* (EM) oraz *kultura i społeczeństwo* (CM).

VWO oferuje 4 matematyczne pakiety: matematyka A (lekka), matematyka B, matematyka C (ultra lekka) i matematyka D (dodatkowa). HAVO oferuje te same pakiety, z wyjątkiem matematyki C. Matematyka D jest przedmiotem opcjonalnym, który nie jest wymagany do jakiegokolwiek formy dalszej edukacji. Student realizuje matematykę D tylko w połączeniu z matematyką B i tylko w ramach profilu *nauka i technika*.

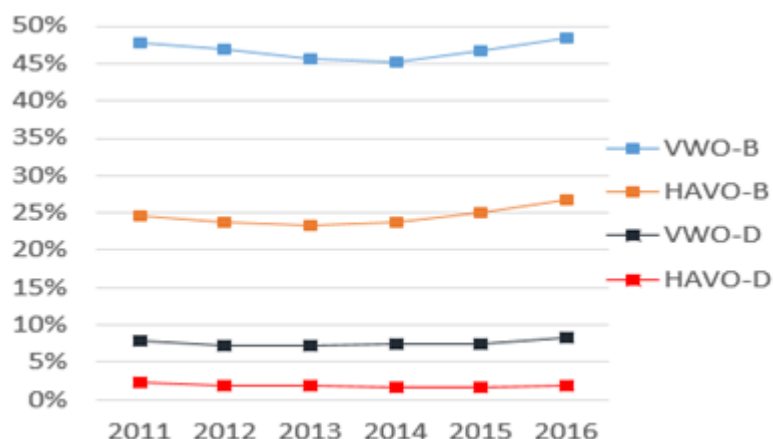
Każdy profil ma swój własny pakiet matematyczny, z wyjątkiem profilu CM na poziomie HAVO, gdzie matematyka nie jest wymagana. Matematyka B, która jest najtrudniejszym pakietem poza matematyką D, jest wymagana w profilu *nauka i technika*.

Rysunek 3 przedstawia wyniki kontroli egzaminów, z których wynika, że w 2016 r. ponad 80% uczniów VMBO i około 95% uczniów HAVO zdało egzaminy końcowe z matematyki. Z danych przedstawionych na Rysunku 4 wynika, że w 2016 r. ponad 25% uczniów HAVO i prawie 50% uczniów VWO zdało egzaminy końcowe z matematyki B.



Rysunek 3. Uczniowie zdający egzamin końcowy bez matematyki

Źródło: <http://www.wiskundebrief.nl/762.htm>



Rysunek 4. Uczniowie zdający matematykę B i D

Źródło: <http://www.wiskundebrief.nl/762.htm>

Rozdział 3.8.1 zawiera kompletny program matematyki A, B, C dla uczniów VWO.

3.2 Edukacja uczniów z dysfunkcją wzroku

3.2.1 Wprowadzenie

Visio Education (www.visio.org) i Bartiméus Education (www.bartimeus.nl) zapewniają edukację dzieciom słabowidzącym lub niewidomym. Odbywa się ona w szkołach własnych tych organizacji, szkołach dla uczniów z dysfunkcją wzroku oraz w szkołach ogólnodostępnych. Wspomaganie edukacji w szkołach ogólnodostępnych w ramach programów Visio Education i Bartiméus Education pozwala uczniom słabowidzącym lub niewidomym realizować obowiązek nauki w znanym sobie środowisku.

3.2.2 Objazdowe wsparcie edukacyjne

Z objazdowego wsparcia edukacyjnego korzystają uczniowie szkół podstawowych, szkół specjalnych, wszystkich rodzajów szkół średniego poziomu, szkolnictwa zawodowego (MBO) oraz, w miarę potrzeby, studenci na początkowym etapie wyższej szkoły zawodowej (HBO) lub uniwersytetu. Około 89% uczniów słabowidzących i 47% uczniów niewidomych uczęszcza do szkół podstawowych ogólnodostępnych. Około 79% uczniów słabowidzących i około 36% uczniów niewidomych uczęszcza do szkół średnich ogólnodostępnych [30]. W głównym nurcie edukacji uczniowie z dysfunkcją wzroku są wspierani przez nauczycieli wizytujących⁹, którzy

⁹ Nauczyciel wizytujący odwiedza poszczególne szkoły zgodnie z określonym harmonogramem i pracującym tam nauczycielom udziela profesjonalnego wsparcia z zakresu edukacji uczniów o specjalnych potrzebach edukacyjnych, w szczególności uczniów niewidomych i słabowidzących.

prawie zawsze są wykwalifikowanymi nauczycielami szkół podstawowych. Nauczyciel wizytujący pomaga uczniom z wadami wzroku w jak największym, możliwym zakresie uczestniczyć w głównym nurcie edukacji, a nauczycielom oferuje porady dotyczące dostosowania stanowiska pracy ucznia i materiałów edukacyjnych. Pomaga też dobrać właściwe narzędzia i zapewnia wsparcie odnośnie ich wykorzystania [31].

3.2.3 Edukacja specjalna

Edukacja specjalna uczniów z dysfunkcją wzroku w szkole podstawowej

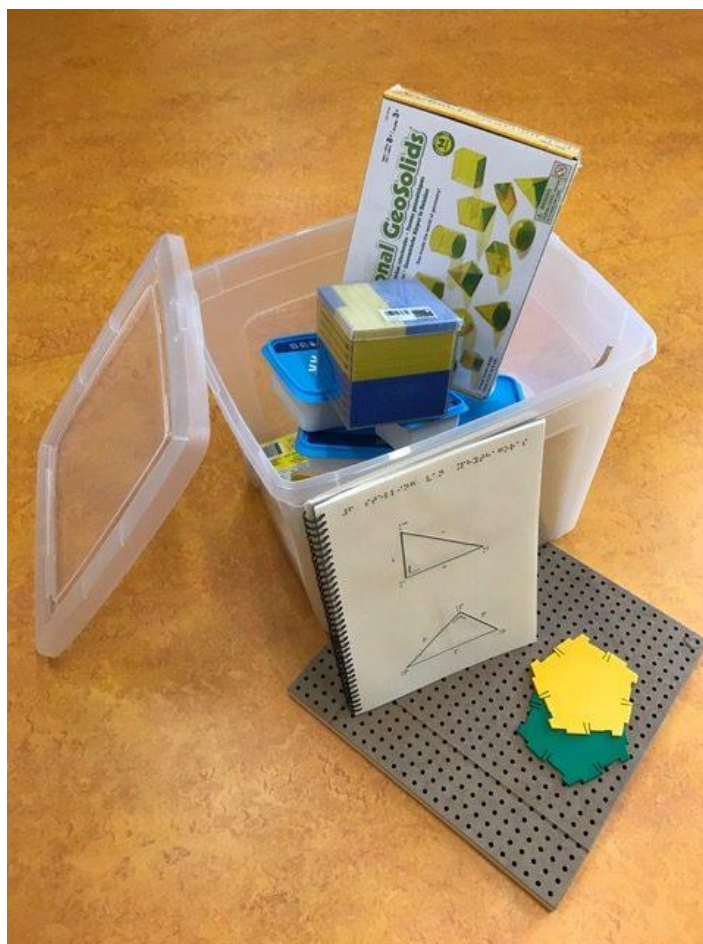
Jeśli dziecko jest słabowidzące lub niewidome i nie jest w stanie sprostać wymaganiom zwykłej szkoły, lub też jeśli szkoła taka nie może zaoferować mu optymalnych, dopasowanych do potrzeb warunków nauki, wówczas może uczęszczać do szkoły specjalnej. Nauczyciele są tu zobowiązani do osiągnięcia tych samych podstawowych celów, co w szkołach ogólnodostępnych, jednak pracują z komponentami, które są dostosowane lub rozszerzone ze względu na niepełnosprawność wzrokową uczniów. Dzieci zdobywają tę samą wiedzę i umiejętności, co ich rówieśnicy w szkołach ogólnodostępnych. Ponieważ bardzo ważne jest, aby każdy uczeń nadążał z pracą na lekcji, tempo jest zazwyczaj niższe i grupy są niewielkie: od sześciu do dwunastu uczniów w klasie. Pomimo tego, że szkoła dla osób z dysfunkcją wzroku jest w pewnym sensie szkołą typową, niezbędnych jest jednak wiele różnych udogodnień z uwagi na niepełnosprawność wzrokową uczniów: układ architektoniczny budynku szkoły i klas, wybór metod i (dostosowanych) materiałów, wykorzystanie urządzeń wspomagających oraz podejście dydaktyczne i pedagogiczne. Nauczyciele dokładają starań, by świat widzialny był zrozumiały dla uczniów z dysfunkcją wzroku. Ponadto, oprócz niepełnosprawności wzrokowej wielu uczniów w szkolnictwie specjalnym ma także innego rodzaju problemy np. problemy społeczno-emocjonalne, czy problemy z uczeniem się [32].

Edukacja specjalna uczniów z dysfunkcją wzroku w szkole średniej

Uczniowie słabowidzący i niewidomi, którzy nie są w stanie sprostać wymaganiom szkół średnich głównego nurtu edukacji, mogą uczęszczać do specjalnych placówek edukacyjnych. W szkołach tych uczeń może realizować program edukacyjny na wszystkich poziomach, z wyjątkiem VWO. Wymagania i zakres materiału są takie same jak w szkołach średnich głównego nurtu, lecz tempo realizacji programu jest nieco wolniejsze. Nauczyciele oferują programy i sposób nauczania dostosowane do indywidualnych potrzeb uczniów i ich niepełnosprawności. Materiały i metody pracy z uczniami na lekcji są adaptowane. Wielu uczniów korzysta z urządzeń i technologii wspomagających [32].

3.2.4 Wsparcie nauczycieli uczniów z dysfunkcją wzroku w szkołach średnich głównego nurtu edukacji

Nauczyciele matematyki często są niepewni tego, czy będą w stanie zaoferować odpowiednie wsparcie edukacyjne uczniom z dysfunkcją wzroku. Dzieje się tak zwłaszcza wtedy, gdy uczniowie są niewidomi. Z tego względu niewidomi uczniowie oraz ich nauczyciele mają zapewnione wsparcie. Niewidomy uczeń otrzymuje pudełko matematyczne z różnego rodzaju materiałami, które można wykorzystać na lekcjach matematyki (patrz Rysunek 5) np. dotykowa linijka, czy dotykowy układ współrzędnych. Ponadto, Visio i Bartiméus Education oferują jednodniowe kursy dla nauczycieli matematyki, zajmujących się edukacją uczniów niewidomych.



Rysunek 5. Pudełko matematyczne dla uczniów niewidomych w szkołach średnich głównego nurtu

Źródło: <https://www.eduvip.nl/wiskundekist-voor-braille-en-zeer-slechtziende-leerlingen/>

Na tych bezpośrednich kursach nauczyciele mogą wymieniać się między sobą doświadczeniami i wiedzą. Uczą się i ćwiczą posługiwanie się notacją matematyczną dla niewidomych uczniów, a także symulują odczyt treści na monitorze brajlowskim (patrz Rysunek 6) oraz odczyt za pomocą syntezy mowy, co daje im możliwość doświadczenia wyzwania, jakie napotyka niewidomi uczniowie podczas czytania i poznawania wyrażeń

matematycznych i równań. Nauczyciele otrzymują też wiedzę jak uczyć niewidomych uczniów odczytu grafiki wypukłej i udźwiękowionej.



Rysunek 6. Monitor brajlowski podłączony do laptopa

Źródło: <http://www.hims-inc.com/product/braille-edge-40/>

Oprócz samych kursów nauczyciele uzyskują informacje na temat EduVip [33]. Jest to strona internetowa opracowana przez Visio i Bartiméus Education, będąca źródłem wiedzy na temat edukacji uczniów z dysfunkcją wzroku.

Wreszcie, nauczyciele matematyki i uczniowie z niepełnosprawnością wzroku mogą uzyskać indywidualne wsparcie matematyczne, o ile jest to konieczne, od profesjonalisty z Visio Education lub Bartiméus Education.

3.3 Badania dot. technologii wspomagających edukację uczniów z dysfunkcją wzroku

3.3.1 Badanie 2016 (Holandia)

W maju 2016 r. Visio Education przeprowadziło badania dotyczące sposobu korzystania z urządzeń wspomagających przez uczniów z dysfunkcją wzroku w szkole podstawowej i średniej. W badaniu wzięło udział 44 uczniów, uczęszczających do szkoły specjalnej dla uczniów z dysfunkcją wzroku, w wieku od 10 do 20 lat, którzy musieli wypełnić ankietę. Co

więcej, badający otrzymali informację od nauczycieli wizytujących na temat tego, w jaki sposób uczniowie z dysfunkcją wzroku używali swoich urządzeń w szkołach głównego nurtu [34].

W szkole specjalnej 100% uczniów słabowidzących i niewidomych w wieku powyżej 10 lat korzystało z laptopa. Niewidomi uczniowie pracowali na laptopie z monitorem brajlowskim i synteizatorem mowy. Wszyscy niewidomi uczniowie zostali najpierw przeszkoleni z zakresu umiejętności potrzebnych do pisania. Po ukończeniu tego szkolenia rozpoczęli program z zakresu podstawowych umiejętności korzystania z technologii informacyjno-komunikacyjnych (TIK). Dzieci rozpoczynające kurs były w wieku ok. 8-10 lat. Nauczyły się one używać laptopa z monitorem brajlowskim i synteizatorem mowy w programach Word, Outlook, Windows i w Internecie. Zapewniono im indywidualne szkolenie w wymiarze pół godziny tygodniowo, przez okres około dwóch lat. 95% uczniów niewidomych korzystało z czytnika ekranu Jaws, 5% korzystało z NVDA. Wśród uczniów słabowidzących 15% używało lupy w systemie Windows, 32% programu powiększającego Supernova, 8% programu powiększającego Supernova oraz synteзаторa mowy, a 45% nie korzystało z żadnych dodatkowych urządzeń. 25% uczniów szkoły średniej korzystało ze smartfona jako odtwarzacza Daisy [35].

W głównym nurcie edukacji uczniowie niewidomi rozpoczynali pracę na laptopie z monitorem brajlowskim w wieku od 5 do 6 lat. Zostali oni przeszkoleni przez nauczyciela wizytującego. 95% uczniów słabowidzących w wieku 7 lat korzystało z laptopa. 5% korzystało z tabletu: OS lub Android. 35% uczniów słabowidzących używało laptopa i tabletu. Wielu uczniów z tej grupy demograficznej korzystało z kamery lub oprogramowania do udostępniania ekranu, które przesyła treści z tablicy interaktywnej i komputera nauczyciela bezpośrednio na laptop lub tablet ucznia za pośrednictwem sieci WiFi (np. Join.me, TeamViewer, Skype) [36].

Dedicon (www.dedicon.nl), to holenderska organizacja non-profit, która udostępnia informacje osobom z niepełnosprawnością wzroku, dostarcza dokumenty w formacie MS Word (tzw. Edu-format), w formacie PDF (np. oparte na wektorach, pikselach, czarno-białe, kolorowe, bezpieczne dla środowiska) oraz w formacie Daisy (np. Lex). Dedicon w swoich dokumentach Word używa nagłówków i numeracji stron zgodnych z drukowaną wersją książki, z której korzystają widzący koledzy w klasie. Te adaptacje umożliwiają szybką i łatwą nawigację w dokumencie Word, z czytnikiem ekranu Jaws lub innym. Uczniowie z dysfunkcją wzroku często korzystają z edytora wymiany plików pdf. Edytor ten umożliwia pisanie w formacie PDF. Ponadto uczniowie mają do dyspozycji arsenal narzędzi, takich jak linijki i siatki.

3.3.2 Badanie 2018 (Holandia)

Na potrzeby niniejszego opracowania w 2018 r. rozesłano ankietę do nauczycieli wizytujących uczniów niepełnosprawnych wzrokowo z głównego nurtu szkolnictwa średniego z prośbą o przekazanie jej nauczycielom matematyki. Ankietę wypełniło 29 nauczycieli uczniów słabowidzących oraz 9 nauczycieli uczniów niewidomych ze szkół średnich ogólnodostępnych.

Tabela 1 przedstawia wyniki uzyskane od nauczycieli uczniów słabowidzących. 72% wszystkich nauczycieli korzysta z interaktywnej tablicy na lekcjach matematyki. 52% uczniów słabowidzących korzysta z laptopa. 58% uczniów słabowidzących powiększa tekst, wykresy i rysunki. 21% stosuje większy kontrast tekstu na laptopie, a 24% - większy kontrast wykresów i rysunków. Jeden uczeń słabowidzący używał synteзаторa mowy, a czterech (14%) korzystało z ekranu dotykowego.

Pytanie	Tak	Nie	Inne
1. Czy na lekcji matematyki używana jest tablica interaktywna?	21	5	3
2. Które z poniższych urządzeń uczniowie widzący wykorzystują na lekcji matematyki?			
2a laptop	10	18	1
2b tablet	11	18	0
2c smartfon	7	19	3
3. Które z poniższych urządzeń uczniowie słabowidzący wykorzystują na lekcji matematyki?			
3a laptop	15	13	1
3b tablet	7	21	1
3c smartfon	7	17	5
4. Do czego uczniowie słabowidzący używają narzędzi?			
4a powiększanie tekstu na ekranie.	17	7	5
4b powiększanie wykresów i rysunków na ekranie	17	7	5
4c zwiększanie kontrastu wyświetlanego na ekranie tekstu	6	16	7
4d zwiększanie kontrastu wyświetlanych na ekranie wykresów i rysunków	7	14	8
4e wyświetlanie tekstu w brajlu	Nie dotyczy		
4f konwersja tekstu na mowę syntetyczną za pomocą oprogramowania syntezy mowy	1	29	0
4g Słabowidzący uczeń używa ekranu dotykowego do rozwiązywania zadań matematycznych	4	25	0

Tabela 1. Wyniki ankiet 29 nauczycieli matematyki uczniów słabowidzących ze szkół średnich (powszechnych) w Holandii.

Pytanie	Tak	Nie	Inne
1. Czy na lekcji matematyki używana jest tablica interaktywna?	6		1
2. Które z poniższych urządzeń uczniowie widzący wykorzystują na lekcji matematyki?			
2a laptop	1	5	1
2b tablet	1	5	1
2c smartfon	1	3	3
3. Które z poniższych urządzeń uczniowie niewidomi wykorzystują na lekcji matematyki?			
3a laptop	7	0	0
3b tablet	0	7	0
3c smartfon	1	6	0
4. Do czego uczniowie niewidomi używają narzędzi?			
4a powiększanie tekstu na ekranie.	Nie dotyczy		
4b powiększanie wykresów i rysunków na ekranie	Nie dotyczy		
4c zwiększanie kontrastu wyświetlanego na ekranie tekstu	Nie dotyczy		
4d zwiększanie kontrastu wyświetlanych na ekranie wykresów i rysunków	Nie dotyczy		
4e wyświetlanie tekstu w brajlu	7	0	0
4f konwersja tekstu na mowę syntetyczną za pomocą oprogramowania syntezy mowy	4	3	0
4g Niewidomy uczeń używa ekranu dotykowego do rozwiązywania zadań matematycznych	0	7	0

Tabela 2. Wyniki ankiet 9 nauczycieli matematyki uczniów niewidomych ze szkół średnich (powszechnych) w Holandii

Tabela 2 przedstawia wyniki uzyskane od nauczycieli matematyki uczniów niewidomych. 86% nauczycieli matematyki (6 z 7) korzysta z interaktywnej tablicy. Wszyscy uczniowie niewidomi korzystają z laptopa podczas zajęć z matematyki. Wszyscy uczniowie korzystają z monitora brajlowskiego. 57% niewidomych uczniów korzysta z monitora brajlowskiego i syntezy mowy. Żaden niewidomy uczeń nie korzystał z ekranu dotykowego.

Ostatecznie, w 2018 r. Visio Education opracowało mapę drogową wdrożenia oprogramowania w szkołach, uznając za bardzo ważne, aby:

- oprogramowanie było niezależne od platformy, np. BYOD, iOS, Windows i Android;
- oprogramowanie i treści cyfrowe, w tym edukacyjne strony internetowe, były w 100% dostępne;
- język oprogramowania można było ustawiać niezależnie od języka systemu operacyjnego (osobna konfiguracja języka oprogramowania);
- uczniowie mogli nadal używać własnego oprogramowania powiększającego i oprogramowania syntezy mowy;
- stosowane było wolne oprogramowanie (o ile to możliwe).

3.3.3 Badanie 2018 (Belgia)

W 2018 roku rozśleliśmy tę samą ankietę do nauczycieli wizytujących uczniów z dysfunkcją wzroku w głównym nurcie szkolnictwa średniego w Belgii (Spermalie, Brugge) z prośbą o przekazanie jej nauczycielom matematyki. Ankietę wypełniło 7 nauczycieli matematyki uczniów słabowidzących szkół średnich oraz 1 nauczyciel matematyki ucznia niewidomego ze szkoły średniej.

Tabela 3 przedstawia wyniki uzyskane od nauczycieli uczniów słabowidzących. 43% wszystkich nauczycieli korzysta z interaktywnej tablicy na lekcjach matematyki. 29% uczniów słabowidzących używa laptopa. 57% uczniów słabowidzących powiększa tekst, wykresy i rysunki, a 17% ustawia większy kontrast tekstu, wykresów i rysunków. Żaden uczeń słabowidzący nie korzystał z syntezy mowy, jeden używał ekranu dotykowego.

Tylko 1 nauczyciel matematyki niewidomego ucznia wypełnił ankietę (patrz Tabela 4). Wynika z niej, że uczeń niewidomy wykorzystuje do wykonywania zadań matematycznych na lekcji laptop z monitorem brajlowskim i syntezy mowy.

Pytanie	Tak	Nie	Inne
1. Czy na lekcji matematyki używana jest tablica interaktywna?	3	4	0
2. Które z poniższych urządzeń uczniowie widzący wykorzystują na lekcji matematyki?			
2a laptop	2	5	0
2b tablet	1	6	0
2c smartfon	1	5	1

3. Które z poniższych urządzeń uczniowie słabowidzący wykorzystują na lekcji matematyki?			
3a laptop	2	4	1
3b tablet	1	6	0
3c smartfon	2	5	0
4. Do czego uczniowie słabowidzący używają narzędzi?			
4a powiększanie tekstu na ekranie.	4	2	1
4b powiększanie wykresów i rysunków na ekranie	4	2	1
4c zwiększanie kontrastu wyświetlanego na ekranie tekstu	1	6	0
4d zwiększanie kontrastu wyświetlanych na ekranie wykresów i rysunków	1	6	0
4e wyświetlanie tekstu w brajlu	Nie dotyczy		
4f konwersja tekstu na mowę syntetyczną za pomocą oprogramowania syntezy mowy	0	6	1
4g Niewidomy uczeń używa ekranu dotykowego do rozwiązywania zadań matematycznych	1	6	0

Tabela 3. Wyniki ankiet wypełnianych przez 7 nauczycieli matematyki uczniów słabowidzących w szkołach średnich w Belgii.

Pytanie	Tak	Nie	Inne
1. Czy na lekcji matematyki używana jest tablica interaktywna?		1	
2. Które z poniższych urządzeń uczniowie widzący wykorzystują na lekcji matematyki?		1	
2a laptop		1	
2b tablet		1	
2c smartfon		1	
3. Które z poniższych urządzeń uczniowie niewidomi wykorzystują na lekcji matematyki?			

3a laptop	1		
3b tablet		1	
3c smartfon		1	
4. Do czego uczniowie niewidomi używają narzędzi?			
4a powiększanie tekstu na ekranie.	Nie dotyczy		
4b powiększanie wykresów i rysunków na ekranie	Nie dotyczy		
4c zwiększanie kontrastu wyświetlanego na ekranie tekstu	Nie dotyczy		
4d zwiększanie kontrastu wyświetlanych na ekranie wykresów i rysunków	Nie dotyczy		
4e wyświetlanie tekstu w brajlu	1		
4f konwersja tekstu na mowę syntetyczną za pomocą oprogramowania syntezy mowy	1		
4g Niewidomy uczeń używa ekranu dotykowego do rozwiązywania zadań matematycznych		1	

Tabela 4. Wynik ankiety wypełnionej przez nauczyciela matematyki niewidomego ucznia szkoły średniej w Belgii.

3.4 Dostęp uczniów niewidomych i słabowidzących do wyrażeń i równań matematycznych

3.4.1 Wprowadzenie

Uczniowie niewidomi w szkołach średnich w Holandii bardzo rzadko zapoznają się z treściami matematycznymi przy pomocy wydruków brajlowskich. Pracują na laptopie z oprogramowaniem do odczytu ekranu. Oprogramowanie to stara się przekazać wszystko, co jest widoczne na ekranie za pomocą brajla lub mowy syntetycznej, umożliwiając tym samym uczniom niewidomym odczytywanie i rozumienie tekstu matematycznego.

3.4.2 Książki do matematyki i notacja matematyczna

Produkcją książek do matematyki w wersji dostosowanej do potrzeb niewidomych i słabowidzących w Holandii zajmuje się Dedicon. Wszyscy niewidomi uczniowie w szkołach średnich używają książek w formacie Word. Rysunki i wykresy mogą być dostarczone w wersji wypukłej (dotykowej). Produkty e-learningowe, używane przez widzących kolegów z klasy, często są niedostępne dla uczniów niewidomych. Kalkulator graficzny, który uczniowie

widzący stosują w szkołach średnich II stopnia w HAVO i VWO, także nie jest dostępny dla uczniów niewidomych. Jako alternatywę, uczniowie niewidomi stosują Excel w połączeniu z AllerCalc.

Niewidomi uczniowie odczytują tekst zapisany w formacie Word (w tym również tekst matematyczny) na monitorze brajlowskim i/lub mową syntetyczną. Nauczyciel (lub widzący kolega z klasy) może czytać "ten sam" (matematyczny) tekst na ekranie laptopa i nie musi uczyć się alfabetu Braille'a. Zapis matematyczny przedstawiony na ekranie jest zapisem liniowym, podobnym do Excela (patrz Tabela 5). Notacja ta używa tylko klawiszy znajdujących się na klawiaturze QWERTY. Wyświetlanie tekstu jest 1:1 na 8-punktowym monitorze brajlowskim.

Notacja zapisu formuł dla uczniów widzących	Notacja zapisu formuł (w formacie Word) dla uczniów niewidomych
x^2	x^2
$\sqrt{16 - 4x}$	sqrt(16 - 4x)
$\sin(\alpha + \beta)$	sin(~a + ~b)
$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$	x = (-b +- sqrt(b^2 - 4ac))/(2a)
$1 - \sqrt{\frac{x - 2}{x^2 - 4}} = 0$	1 - sqrt((x - 2)/(x^2 - 4)) = 0

Tabela 5. Notacje matematyczne zapisu formuł dla uczniów widzących i niewidomych

3.4.3 Wyrażenia i równania matematyczne

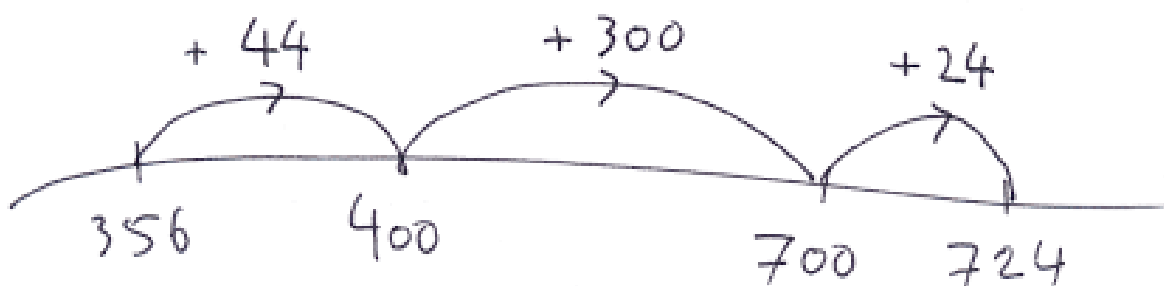
Prezentacja wyrażeń i równań matematycznych może stwarzać trudności, ponieważ reprezentacje te są ubogie informacyjnie jeśli chodzi o kontekst, bardzo zwarte i z natury nieliniowe. Zamieszanie z notacją brajlowską oraz niewystarczająca wiedza i umiejętności w zakresie posługiwania się monitorem brajlowskim i mową syntetyczną to niektóre z wyzwań, przed którymi stoją niewidomi uczniowie, zajmujący się wyrażeniami i równaniami matematycznymi.

W listopadzie i grudniu 2017 r. Visio Education przeprowadziło pilotaż z udziałem trzech niewidomych uczniów, którzy byli najlepsi z matematyki spośród wszystkich niewidomych uczniów w Holandii w szkolnictwie średnim ogólnodostępnym [37]. Zbadano, w jaki sposób

uczniowie ci czytają i rozumieją wyrażenia i równania matematyczne przy użyciu monitora brajlowskiego i syntezy mowy. Uczniowie mieli duże trudności z dekodowaniem, czytaniem i zrozumieniem wyrażen i równań w brajlu. Używali oni również syntezy mowy, jednak nie w takim samym stopniu np. niektóre symbole matematyczne takie jak "^" i "*" nie były wypowiadane głosem. Uczniowie nie opanowali stosowania tych urządzeń w pracy z treściami matematycznymi. Ich zdaniem, zaletą używania monitora brajlowskiego w porównaniu z syntezy mowy jest większa kontrola nad zapisem, dostrzeganie większej liczby szczegółów i lepsze rozpoznanie struktury. Dodatkowo uczeń jest w mniejszym stopniu odizolowany od swoich rówieśników. Zaletą syntezy mowy w porównaniu z monitorem brajlowskim jest szybkość odczytu.

Większość niewidomych uczniów korzysta z monitora brajlowskiego oraz syntezy mowy podczas obliczeń wyrażen i równań matematycznych. Dla zaoszczędzenia czasu rozwiązywania zadań, niektórzy uczniowie używają skrótów klawiszowych typu *kopiuuj*, *wklej* itp. Większość niewidomych uczniów nauczyło się zapisywać jak najmniejszą liczbę kroków pośrednich rozwiązania zadania. Szkoda, ponieważ zapisywanie kroków pośrednich mniej obciąża pamięć operacyjną. Ponadto, w szkole średniej uczniowie otrzymują niższą ocenę, jeśli nie udokumentują sposobu rozwiązania problemu.

Ogólnie rzecz biorąc, bardzo pomocna podczas rozwiązywania matematyki jest też własna twórczość uczniów. Przykład taki przedstawia Rysunek 7. Jest to szkic wykonany przez ucznia widzącego. Szkic pomógł mu obliczyć wynik działania $724 - 356 =$. Niewidomi uczniowie nie są w stanie wykonywać tego rodzaju rysunków.



Rysunek 7. Praca własna widzącego ucznia (rysunek pomocniczy do obliczeń)

Uczniowie z dysfunkcją wzroku mogą czytać i pisać w różnych formatach, takich jak PDF, Word lub na papierze. Mogą też używać standardowej notacji matematycznej lub notacji liniowej (używanej przez uczniów niewidomych).

3.5 Dostęp uczniów niewidomych i słabowidzących do grafiki matematycznej

3.5.1 Wprowadzenie

Relacja pomiędzy dwiema zmiennymi jest często przedstawiony na wykresie. Wykresy mogą być reprezentowane w formacie audio lub dotykowym. Wykres dźwiękowy jest bardziej odpowiedni do ogólnego zobrazowania związku między dwiema zmiennymi w czasie krótszym niż 1 sekunda. Wykres dotykowy jest bardziej odpowiedni do uzyskania informacji na bardziej szczegółowym poziomie. Relacja między dwiema zmiennymi może być też przedstawiona w formie tabeli. Nauczyciele muszą uczyć niewidomych uczniów, jak używać i wybierać różne reprezentacje. "Czytanie" i wykonywanie wykresów dotykowych jest bardzo czasochłonne. Dla zaoszczędzenia czasu niewidomi uczniowie mogą nauczyć się reprezentować wykresy w wyobraźni. Zostanie to wyjaśnione poniżej.

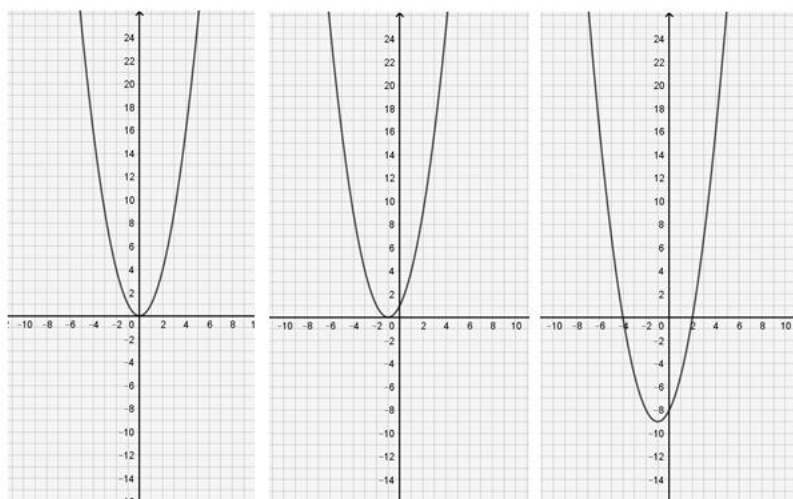
3.5.2 Inny sposób spojrzenia na wykresy

W matematyce istnieją różne rodzaje wykresów, a każdy z nich ma swój własny typ funkcji, która go definiuje. W niniejszym opracowaniu skoncentrujemy się wyłącznie na wykresach funkcji liniowej i kwadratowej.

Wykresem funkcji $y=x$ jest linia prosta o nachyleniu 1, przechodząca przez początek układu współrzędnych. Osoby posługujące się brajlem muszą sporządzić taki wykres na dotykowej płaszczyźnie współrzędnych i zbadać cechy szczególne tego wykresu. Przekształcając równanie funkcji można uzyskać przesunięcie wykresu na płaszczyźnie, jego odbicie lub innego rodzaju przekształcenie. Jako przykład weźmy funkcję $y = x + 3$. Wykres tej funkcji można uzyskać z wykresu $y = x$, przesuując go o 3 jednostki wzdłuż osi Y. Jeśli wiemy jak wygląda wykres funkcji $y = x$, łatwo możemy sobie wyobrazić wykres $y = x + 3$ bez konieczności jego konstruowania.

A teraz inny przykład. Wykres funkcji $y = x^2$ ma postać paraboli o ramionach skierowanych ku górze. Osoby posługujące się brajlem muszą wykonać ten wykres na dotykowej płaszczyźnie współrzędnych i zbadać charakterystykę tego wykresu (np. czy wykres jest symetryczny, czy jest skierowany w górę). Wykres funkcji $y = x^2 + 2x - 8$ można uzyskać z paraboli $y = x^2$, przesuując -1 jednostek wzdłuż osi X i -9 jednostek wzdłuż osi Y. Wynika to z tego, że równanie $y = x^2 + 2x - 8$ można zapisać jako $y + 9 = (x + 1)^2$ (patrz Rysunek 8). I znów, uczniowie nie muszą tworzyć tego wykresu, lecz mogą sobie wyobrazić, jak on wygląda.

Te dwa przykłady pokazują, jak wykresy zmieniają się w wyniku przekształceń funkcji. Kiedy uczniowie to rozumieją, nie muszą już tworzyć "wszystkich" wykresów. Mogą podać dokładny opis kształtu wykresu i opisać jego budowę.



Rysunek 8. Różne parabole utworzone na podstawie wykresu funkcji $y = x^2$

Istnieje kilka interesujących programów komputerowych, które umożliwiają uczniom czytanie i tworzenie wykresów matematycznych. Najczęściej używanymi programami, przeznaczonymi dla uczniów widzących w Holandii są Desmos (<https://www.desmos.com/>) i GeoGebra (<https://www.geogebra.org/>). Desmos jest zaawansowanym kalkulatorem graficznym, który staje się coraz bardziej popularny w powszechnym szkolnictwie średnim. Jest on dostępny także dla niewidomych uczniów. GeoGebra to interaktywna geometria, algebra, statystyka i arkusz kalkulacyjny, przeznaczona do uczenia się i nauczania matematyki od poziomu szkoły podstawowej do poziomu uniwersyteckiego. Aplikacja ta jest często używana przez uczniów widzących i ich nauczycieli matematyki w szkołach średnich. Jest ona dostępna dla większości uczniów słabowidzących, ale nie dla niewidomych.

3.6 Egzaminowanie

3.6.1 Egzamin w szkolnictwie średnim głównego nurtu edukacji

Egzamin końcowy w szkole średniej obejmuje egzamin wewnętrzny, organizowany przez szkołę i egzamin państwowy, przeprowadzany centralnie pod koniec ostatniego roku szkolnego.

Egzamin szkolny

Szkoły opracowują własne egzaminy pośrednie, ale Ministerstwo Edukacji, Kultury i Nauki określa listę przedmiotów obowiązkowych nauczanych w trakcie roku egzaminacyjnego. Terminy szkolnych egzaminów pośrednich nie są ustalane na poziomie krajowym: szkoły mogą testować uczniów z określonych przedmiotów wg własnego uznania. Egzamin szkolny składa się zwykle z dwóch lub więcej testów z danego przedmiotu, które mogą być ustne, praktyczne lub pisemne. Przedmioty spoza listy egzaminu państwowego mogą się kończyć przed końcem roku szkolnego.

Egzamin państwowy

Każdy uczeń realizujący konkretną ścieżkę kształcenia zdaje jeden, ten sam dla wszystkich egzamin państwowy z przedmiotu. Niezależnie od tego, czy przedmiot jest obowiązkowy czy opcjonalny, w całym kraju obowiązują te same pytania egzaminacyjne. Egzamin państwowy odbywa się zawsze pod koniec ostatniego roku nauki i jest opracowywany przez Ministerstwo Edukacji, Kultury i Nauki.

Uczniowie niewidomi i słabowidzący, uczęszczający do szkół głównego nurtu, muszą zdawać zarówno egzaminy pośrednie (szkolne), jak i egzaminy państwowe. Szkoła może dostosowywać swoje szkolne egzaminy pośrednie do potrzeb niewidomych uczniów. Państwowe egzaminy z matematyki są dostosowywane przez czterech wykwalifikowanych nauczycieli matematyki, z dużym doświadczeniem w nauczaniu tego przedmiotu uczniów niewidomych i słabowidzących. Celem dostosowania jest zapewnienie niewidomym uczniom na egzaminie równych szans. Tabela 6 zawiera przykłady adaptacji i wsparcia dla uczniów niewidomych i słabowidzących. Dostosowany plan egzaminów państwowych jest omawiany z każdym uczniem niepełnosprawnym wzrokowo. Dostosowane egzaminy z ostatnich kilku lat są dostępne na stronie www.eduvip.nl. Odnośnie przystosowywania egzaminów do potrzeb uczniów niewidomych, "wszystko jest możliwe", dopóki nie odbiegają one od egzaminów regularnych (patrz Tabela 6).

Dostosowanie lub wsparcie	Uczeń widzący	Uczeń słabowidzący	Uczeń niewidomy
Dodatkowy czas?	Nie	Tak, 50%	Tak, 100%
Format egzaminu	(ogólnie) papier	(powiększony) papier, plik PDF, plik Word (Edu-format), plik Daisy	Plik Word-(Edu-format)
Notacja matematyczna	"zwykła" notacja	Notacja zwykła lub liniowa (tzn. notacja dla niewidomych uczniów)	Notacja liniowa (dostępna dla uczniów niewidomych)
Wykresy	Przedstawione na papierze	Przedstawione na papierze lub na ekranie laptopa	Opis wykresu i/lub wykres w wersji wypukłej (dotykowej)
Rysunki	Przedstawione na papierze	Przedstawione na papierze lub na ekranie laptopa	Opis rysunku i/lub rysunek w wersji wypukłej (dotykowej) i/lub model rysunku. Rysunek dotykowy jest często uproszczeniem

			oryginalnego rysunku.
Dostosowanie treści?	Nie	Nie	Jeśli to konieczne i pożądane: Tak. Celem jest sprawiedliwy egzamin.
Osoba nadzorująca do pomocy w czytaniu wykresów, rysunków lub tabel	Nie	Tak	Tak

Tabela 6. Przykłady dostosowania egzaminów dla uczniów z dysfunkcją wzroku

3.6.2 Egzamin w szkolnictwie średnim specjalnym

Uczniowie, którzy uczęszczają do szkoły specjalnej dla uczniów z niepełnosprawnością wzroku, muszą wziąć udział w tych samych (dostosowanych) egzaminach państwowych. Zamiast egzaminów szkolnych zdają egzaminy ustne. Egzaminy te są prowadzone przez niezależną komisję.

(W Rozdziale 3.8.2 przedstawiono zaadaptowane zadanie z egzaminu VMBO-GL i TL, 2017)

3.6.3 Egzamin z Matematyki B

Mniej niż 10% niewidomych uczniów zdało egzamin końcowy z matematyki B w ciągu ostatnich 10 lat [38]. Rysunek 4 pokazuje, że około 25% widzących uczniów na poziomie HAVO i około 50% widzących uczniów na poziomie VWO zdało egzamin końcowy z matematyki B.

3.7 Dyskusja i komentarz

W badaniach przeprowadzonych na potrzeby tego projektu wzięło udział 36 nauczycieli matematyki uczniów słabowidzących, 29 z Holandii i 7 z Belgii (w 2018 r.). Badania objęły również 8 nauczycieli matematyki uczniów niewidomych, w tym 7 z Holandii i 1 z Belgii. Wszyscy oni wypełnili ankietę (patrz Tabela 1 do Tabela 4).

Wszyscy uczniowie niewidomi w Belgii i Holandii używali laptopa z monitorem brajlowskim. 57% niewidomych uczniów z Holandii i 1 niewidomy uczeń z Belgii korzystało na lekcji matematyki z monitora brajlowskiego i syntezatora mowy. Żaden z niewidomych uczniów nie używał ekranu dotykowego.

52% słabowidzących uczniów z Holandii korzystało z laptopa; 29% z Belgii. Tylko jeden słabowidzący student (z Holandii) korzystał z syntezy mowy. W Holandii 4 uczniów słabowidzących (14%) korzystało z ekranu dotykowego, podczas gdy w Belgii tylko jeden.

Jednym z istniejących problemów jest to, że niewidomi uczniowie nie są nauczani (wystarczająco dobrze), jak używać alfabetu Braille'a w połączeniu z syntezy mowy podczas wykonywania matematyki. Na przykład powinni oni nauczyć się filtrować informacje podczas czytania równań i wyrażeń na monitorze brajlowskim. Powinni też nauczyć się, jak uzyskać ogólny przegląd całego równania lub wyrażenia za pomocą syntezy mowy i/lub monitora brajlowskiego. Uczniowie niewidomi potrzebują większej ilości szkoleń z zakresu czytania i pisanie w liniowej notacji matematycznej. Jest to również ważne dla uczniów słabowidzących, korzystających z takiego zapisu.

Ponadto bardzo ważne jest, aby uczniowie mogli tworzyć własne „produkty”, pomocne podczas rozwiązywania wyrażeń i równań matematycznych (patrz np. Rysunek 7). Obecnie istnieje bardzo niewiele możliwości wykonywania przez uczniów niewidomych tego typu elementów. W projekcie EuroMath staramy się znaleźć rozwiązanie tego problemu.

Ponadto niewidomi uczniowie muszą nauczyć się czytać i tworzyć dźwiękowe i dotykowe wykresy.

Naszym celem jest również wdrożenie zaleceń dot. oprogramowania, nakreślonych przez Visio Education:

- oprogramowanie powinno być niezależne od platformy, np. BYOD, iOS, Windows i Android;
- oprogramowanie i treści cyfrowe, w tym edukacyjne strony internetowe, powinny być w 100% dostępne dla uczniów z dysfunkcją wzroku;
- zmiana języka oprogramowania niezależna od języka systemu operacyjnego (niezależne zarządzanie językami);
- uczniowie przez cały czas mogą korzystać z własnego oprogramowania powiększającego i syntezy mowy;
- (jeśli to możliwe) używane jest bezpłatne oprogramowanie.

3.8 Informacje uzupełniające

3.8.1 Dodatek A

VWO Matematyka A (źródło: http://www.boswell-beta.nl/vwo/math-a)
Tematy obejmują: <ul style="list-style-type: none">• Prawdopodobieństwo i zdarzenia losowe• Statystyka – rozkład dwumianowy• Statystyka – rozkład hipergeometryczny• Statystyka – rozkład normalny: średnia, odchylenie standardowe, standaryzacja Z, stawianie hipotezy, poziom istotności, testowanie hipotez (test Z)• Funkcje trygonometryczne: sinus, cosinus

<ul style="list-style-type: none"> • Równania i nierówności trygonometryczne: dokładne rozwiązania • Ciągi i szeregi arytmetyczne i geometryczne • Suma ciągu • Funkcje wykładnicze i logarytmiczne: równości i nierówności; konwersja wykładniczej do logarytmicznej, i na odwrót • Rachunek różniczkowy: pochodne funkcji • Reguły mnożenia, reguły dzielenia i reguły kolejności działań • Ekstremum i styczne, prędkość
<p>Wymagane: kalkulator graficzny, kątomierz</p>

Tabela 7. Zakres tematyczny egzaminu z matematyki A dla szkół średnich VWO w Holandii

<p style="text-align: center;">VWO Matematyka B (źródło: http://www.boswell-beta.nl/examen/vwo/mathematics-b)</p>
<p>Tematy obejmują:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Różniczkowanie: funkcje potęgowe, funkcje wykładnicze, funkcje logarytmiczne, funkcje trygonometryczne, reguły mnożenia, reguły dzielenia, reguły kolejności działań, ekstrema i punkty przegięcia • Całkowanie: funkcje potęgowe, funkcje wykładnicze, funkcje logarytmiczne, funkcje trygonometryczne, pole obszaru między funkcjami, objętość bryły powstałej przez obrót wokół osi X i Y, środek ciężkości, długość łuku • Trygonometria: formuły sumy i różnicy, formuły Simpsona, funkcje trygonometryczne, funkcje harmoniczne figury Lissajous (krzywe parametryczne) <p>Dowody z geometrii euklidesowej:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dowody przystawania i podobieństwa trójkątów • Prostopadłe cięciwy i okręgi opisane, twierdzenie prostopadłych cięciw • Dwusieczna i okrąg wpisany, twierdzenie o dwusiecznej • Wysokość, linia środkowa, twierdzenie o wysokości, twierdzenie o linii środkowej • Czworoboki, czworokąty, twierdzenie o czworokątach • Kąt środkowy, kąt wpisany, twierdzenie o kącie wpisanym • Twierdzenie Talesa, twierdzenie o stałym kącie, reguła stycznej i cięciwy • Twierdzenie odwrotne do twierdzenia Talesa, odwrotne twierdzenie o stałym kącie • Dowód nie wprost
<p>Wymagane: kalkulator, kątomierz, kompas</p>

Tabela 8. Zakres tematyczny egzaminu z matematyki B dla szkół średnich VWO w Holandii

<p style="text-align: center;">VWO Matematyka C (http://www.boswell-beta.nl/examen/vwo/mathematics-c)</p>
<p>Tematy obejmują:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Funkcje i wykresy • Funkcja liniowa i kwadratowa

- Funkcje wykładnicze i logarytmiczne: równości i nierówności; konwersja wykładniczej do logarytmicznej, i na odwrót
- Ciągi i szeregi arytmetyczne i geometryczne, suma ciągu
- Statystyka opisowa: podsumowanie zbioru danych
- Kombinatoryka: silnia, permutacja, kombinacja
- Prawdopodobieństwo i zdarzenia losowe
- Zmienne losowe, wartość oczekiwana, odchylenie standardowe
- Rozkład dwumianowy
- Rozkład hipergeometryczny
- Rozkład normalny: średnia, odchylenie standardowe, pierwiastek kwadratowy z liczb naturalnych
- Przybliżenie rozkładu dwumianowego rozkładem normalnym

Wymagane: kalkulator, kątomierz

Tabela 9. Zakres tematyczny egzaminu z matematyki C dla szkół średnich VWO w Holandii

3.8.2 Dodatek B

Pytanie 3 egzaminu VMBO-GL i TL 2017 r.

Egzamin dostosowano dla uczniów niewidomych. Przedstawiamy tutaj tylko pytania dotyczące wyznaczenia "końcowego wzrostu". Egzamin był w formacie Word, a rysunki dostarczono w formie tyflografiki.

Pytanie 3 zostało dostosowane. Oryginalna treść tego pytania była następująca:

Przyjmij, że wzrost ojca wynosi 180 cm. W układzie współrzędnych na dodatkowym papierze narysuj wykres odpowiadający formule. Możesz wykorzystać tabelę. Wykonaj prawidłową podziałkę na osi pionowej.

Egzamin VMBO-GL i TL 2017 dla uczniów niewidomych

Końcowy wzrost

Jeśli znasz wzrost ojca dziewczynki i wzrost matki dziewczynki, możesz obliczyć przewidywany końcowy wzrost dziewczynki za pomocą wzoru:

$$\text{Końcowy wzrost} = (\text{wzrost ojca} + \text{wzrost matki} - 13) / 2 + 4,5$$

Końcowy wzrost, wzrost ojca i matki wyrażone są w centymetrach

Pytanie 1: (2 punkty)

Wzrost ojca Nicolette wynosi 185 cm, a wzrost jej matki 170 cm. Oblicz, ile cm wynosi spodziewany, końcowy wzrost Nicolette. Zapisz swoje obliczenia.

Pytanie 2: (3 punkty)

Carla już nie rośnie. Jej końcowy wzrost to 190 cm. Jej ojciec ma 2 metry wysokości. Oblicz, zgodnie z formułą, ile cm wzrostu ma matka Carli. Zapisz swoje obliczenia.

Średni wzrost holenderskiego mężczyzny wynosi 180 cm.

Pytanie 3a: (2 punkty)

Przyjmij, że wzrost ojca wynosi 180 cm. Skopiuj i wypełnij poniższą tabelę

Początek tabeli

kolumna 1: wzrost matki (cm)

kolumna 2: wzrost końcowy (cm)

140; ...

150; ...

160; ...

170; ...

180; ...

190; ...

200; ...

Koniec tabeli

Pytanie 3b: (2 punkty)

Spójrz na Rysunek 1.

W układzie współrzędnych na rysunku 1 można narysować wykres do formuły. Wskaż wartość w punkcie A położonym za zębem piły i określ wielkość kroku na osi pionowej, aby wykres był wyświetlany poprawnie.

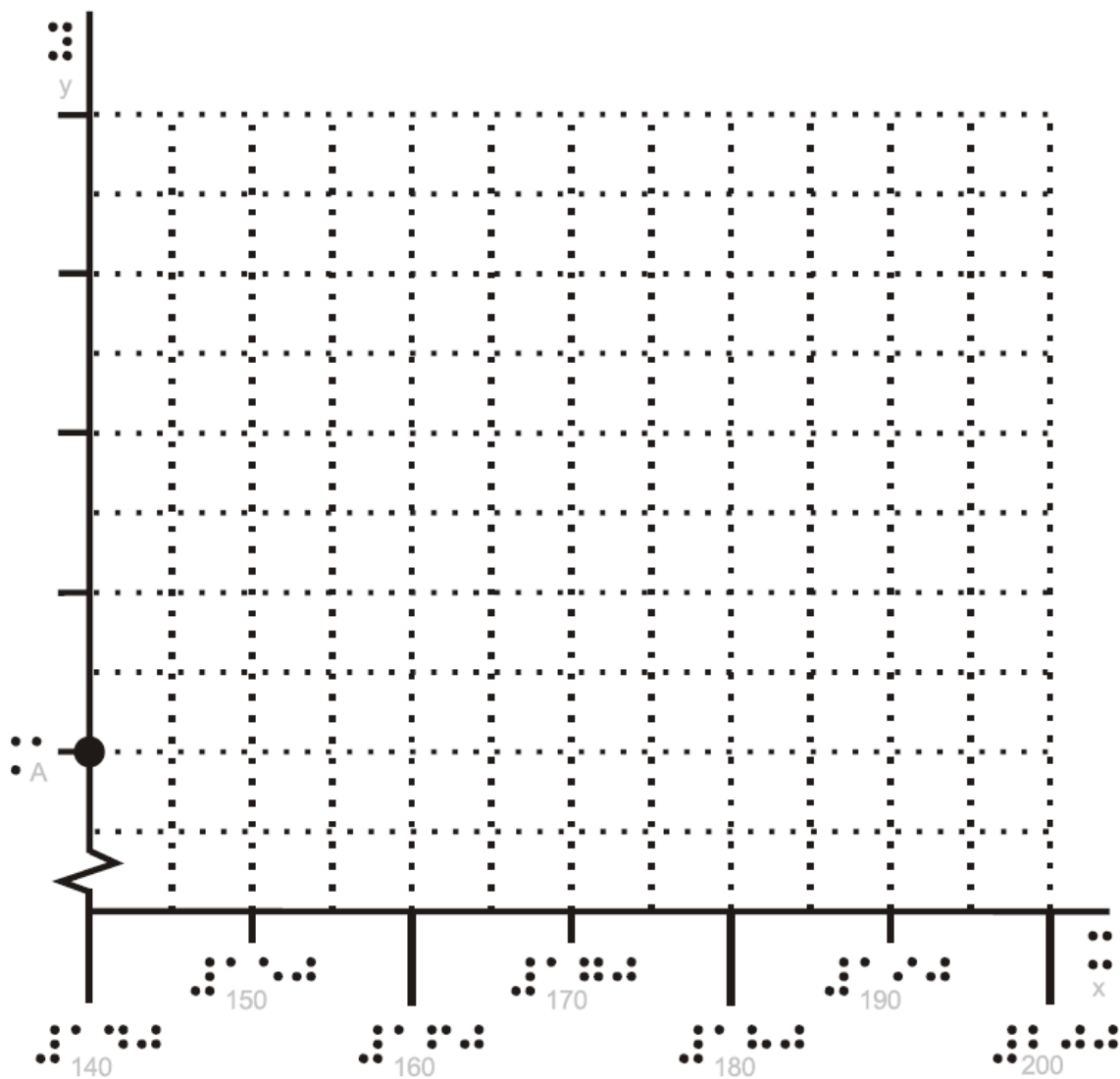
Pytanie 4: (2 punkty)

W formule do obliczania końcowego wzrostu wpisz 180 cm jako wzrost ojca. Następnie możesz zapisać formułę jako:

Końcowy wzrost = $0,5 * \text{wzrost matki} + \dots$

Uzupełnij powyższą formułę, wpisując odpowiednią liczbę w miejsce kropek.

Rysunek 1: W tym zadaniu poniższy rysunek musi być wykonany w formie wypukłej, aby uczeń mógł go odczytać dotykowo.



4 Edukacja matematyczna uczniów niewidomych i słabowidzących w Polsce

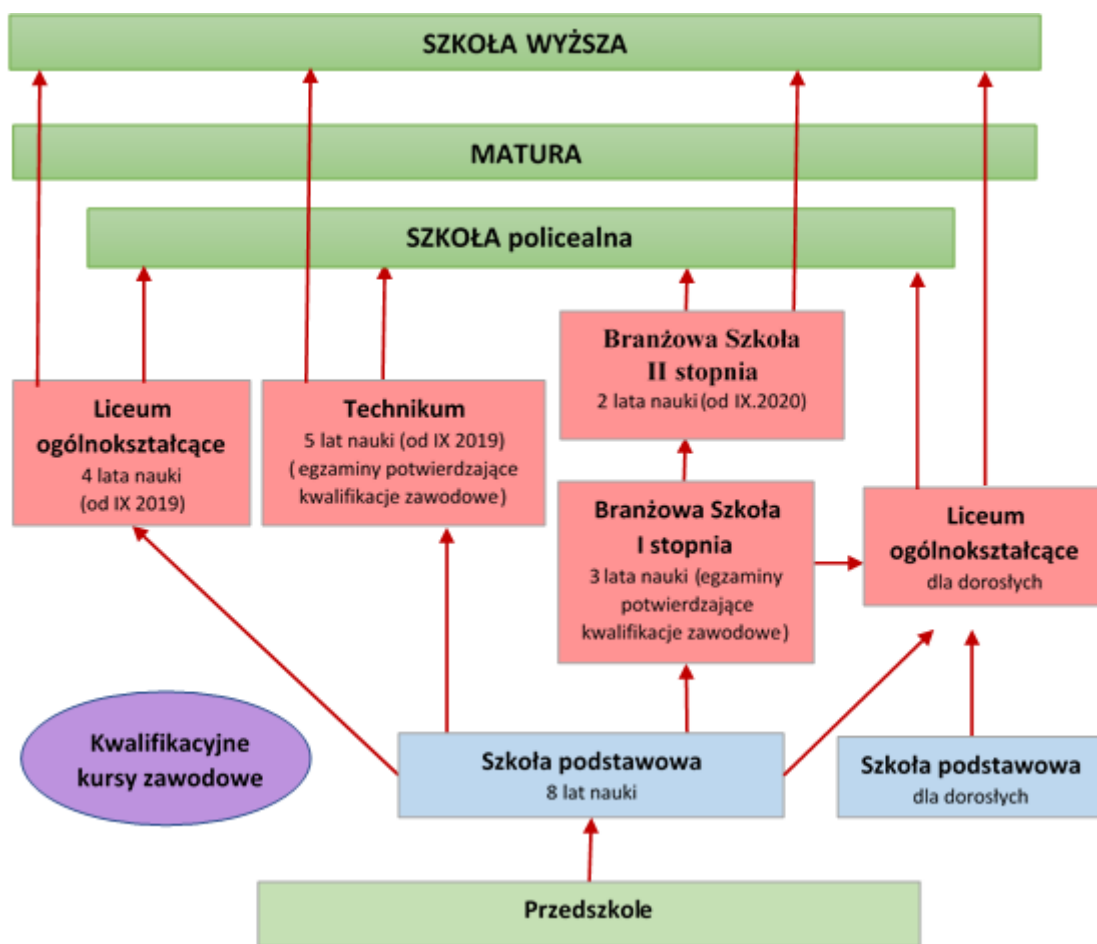
4.1 Wprowadzenie

W tej części Raportu przedstawiamy organizację formalnej edukacji w Polsce, w tym edukacji uczniów z niepełnosprawnością wzroku. Analizujemy dane statystyczne dotyczące edukacji uczniów z niepełnosprawnością wzroku z dwóch lat szkolnych 2016/2017 i 2012/2013 - analizujemy je porównawczo, przedstawiając zauważone zmiany. Prezentujemy prowadzone w Polsce badania dotyczące stosowania TIK w polskich szkołach oraz badania ukierunkowane na zastosowania TIK w edukacji matematycznej uczniów niewidomych i słabowidzących, prowadzone w latach 2014-2017 przez Instytut Maszyn Matematycznych (IMM) i kontynuowane w 2018 r. przez NASK PIB¹⁰. Na podstawie wyników tych badań opisujemy stan informatyzacji matematycznej edukacji włączającej oraz potrzeby, oczekiwania i preferencje nauczycieli i uczniów z niepełnosprawnością wzroku dotyczące wspomagających TIK. Przedstawiamy najczęściej stosowane w Polsce TIK we włączającej edukacji matematycznej. Analizujemy dane Centralnej Komisji Egzaminacyjnej (CKE) z egzaminów maturalnych pod kątem liczby uczniów z dysfunkcją wzroku, którzy przystąpili do matury. Analizujemy również dostępność zadań maturalnych oraz stosowane środki dla jej zwiększenia. Przedstawiamy nowe, w stosunku do powszechnie stosowanych, rozwiązania wspomagających TIK, które zostały opracowane w projektach badawczych realizowanych przez IMM i pilotażowo stosowane i ewaluowane w latach 2016-2017 w 3-ech polskich placówkach edukacyjnych

4.2 System formalnej edukacji w Polsce

System szkolnictwa w Polsce obecnie podlega reformie. Rysunek 9 przedstawia nową organizację edukacji, obowiązującą od września 2017 r. i sukcesywnie wprowadzaną do 2020 r. Obecnie funkcjonuje ośmioletnia szkoła podstawowa, po szkole powszechnej młodzież ma do wyboru czteroletnie liceum ogólnokształcące, pięcioletnie technikum lub dwustopniową szkołę branżową. Istnieją też szkoły policealne, do których można uczęszczać po ukończeniu liceum lub technikum, bez obowiązku posiadania matury.

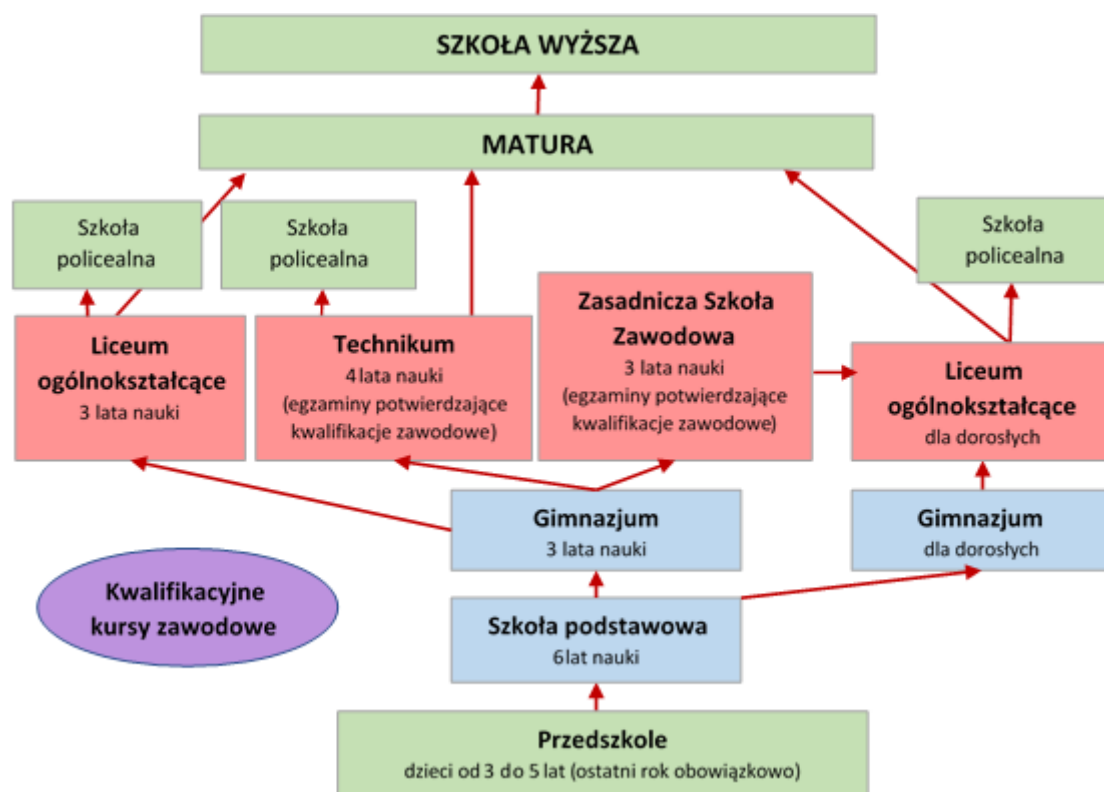
¹⁰ Instytut Maszyn Matematycznych (IMM) w Warszawie z dniem 01.02.2018 został włączony do NASK Państwowego Instytut Badawczego. Rozpoczęty projekt EuroMath (Erasmus+) przez IMM jest kontynuowany w NASK PIB.



Rysunek 9. Schemat edukacji w Polsce po rozpoczęciu reformy oświaty w 2017 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Ustawy z dnia 14 grudnia 2016 r. - Prawo oświatowe (Dz. U. z 2017 r., poz. 59)

Szkołę podstawową rozpoczynają dzieci w wieku 6 lub 7 lat w zależności od decyzji rodziców. Poprzedni system oświaty (patrz Rysunek 10) bazował na sześciolletniej szkole podstawowej, trzyletnim gimnazjum, trzyletnim liceum, w tym liceum profilowanym, czteroletnim technikum i trzyletniej szkole zawodowej. Funkcjonowały w nim również szkoły policealne.



Rysunek 10. Schemat systemu edukacji w Polsce przed reformą w 2017 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Ustawy z dnia 14 grudnia 2016 r. - Prawo oświatowe (Dz. U. z 2017 r., poz. 59)

W reformie oświaty zrezygnowano z gimnazjów i szkół zawodowych, w zamian wprowadzono ośmioletnią szkołę podstawową i dwustopniowe szkoły branżowe ukierunkowane na współpracę z przedsiębiorstwami w procesie kształcenia młodzieży. Wydłużono o 1 rok naukę w technikach (do 5 lat) i liceach ogólnokształcących (do 4 lat). Wprowadzono (od 2016 r.) możliwość decydowania przez rodziców o wieku dziecka, w którym rozpoczyna ono naukę w szkole podstawowej (6 lub 7 lat).

Następny rozdział przedstawia statystyczny obraz edukacji szkolnej dzieci i młodzieży z dysfunkcją wzroku w Polsce.

4.3 Uczniowie niewidomi i słabowidzący w polskim systemie edukacji

4.3.1 Ogólnopolskie dane statystyczne

W Polsce idea edukacji włączającej, zwana inaczej inkluzywną, realizowana jest na wszystkich poziomach edukacji. Edukacja włączająca, według postulatu Konwencji Praw Osób Niepełnosprawnych ONZ, oznacza sytuację, w której szkoła ogólnodostępna jest przygotowana na przyjęcie i sprostanie potrzebom edukacyjnym każdego ucznia. Organizacja takiego systemu edukacji nie zakłada konieczności tworzenia specjalnej infrastruktury, lecz przystosowywanie już istniejącej na przyjęcie uczniów z różnymi potrzebami. Obecnie, w związku z ratyfikowaniem w roku 2012 przez Polskę wspomnianej konwencji, założenia idei nauczania włączającego zaczęły wyznaczać kierunek i kształt reform oświatowych. Wiele zmieniło się na lepsze, choć wciąż jeszcze trudno mówić o pełnej inkluzywności polskiej szkoły.

Od roku 2010 uczniowie ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi, w tym z niepełnosprawnością, mogą realizować obowiązek szkolny w placówkach każdego typu. Aby możliwe było uruchomienie formalnego wsparcia ucznia, wymagane jest orzeczenie o potrzebie kształcenia specjalnego, wydawane przez poradnię psychologiczno-pedagogiczną. Po jego uzyskaniu, uczeń ma status osoby z niepełnosprawnością, uprawniający go do otrzymywania pomocy dostosowanej do jego potrzeb. W praktyce przepis ten stosowany jest do orzeczeń dotyczących trzech rodzajów niepełnosprawności: autyzmu, zespołu Aspergera i niepełnosprawności sprzężonej. W związku z taką praktyką uczniowie z niepełnosprawnością wzroku korzystają ze szkolnictwa specjalnego lub integracyjnego. Uczniowie słabowidzący z mniejszym stopniem niepełnosprawności wzroku uczęszczają do szkół integracyjnych lub szkół ogólnodostępnych z oddziałami integracyjnymi. Wychowanie i nauczanie integracyjne jest ofertą edukacyjną dla uczniów z różnymi rodzajami oraz stopniami niepełnosprawności. Polski model kształcenia integracyjnego powstał i został wdrożony nim w 2012 r. podpisano Konwencję, nadal obowiązuje, równoległe z rozwijającym się systemem edukacji włączającej. Model ten został oparty o Ustawę o systemie oświaty z 7 września 1991r. (Dz. U. Nr 67 z 1996 r. poz. 329 ze zm.), która gwarantowała możliwość takiej formy kształcenia we wszystkich typach szkół, zgodnie z indywidualnymi potrzebami rozwojowymi i edukacyjnymi tej grupy uczniów. Klasy integracyjne powstają, wg polskiego prawa, gdy trzech, czterech lub pięciu takich uczniów może utworzyć „trzon” klasy integracyjnej. W klasie integracyjnej zatrudniony jest pedagog specjalny, wspierający proces edukacji uczniów o specjalnych potrzebach. Zmiana systemu edukacyjnego w kierunku bardziej inkluzywnego nie polega jedynie na wdrażaniu sprawdzonych rozwiązań zagranicznych lub krajowych. Wymaga przede wszystkim przemiany kulturowej, zmiany sposobu myślenia o specjalnych potrzebach edukacyjnych, ale również środków finansowych.

Podsumowując, w Polsce uczniowie z niepełnosprawnością wzroku mogą uczyć się i uczą się w szkołach ogólnodostępnych, w szkołach ogólnodostępnych z oddziałami integracyjnymi, w szkołach integracyjnych i w specjalnych ośrodkach szkolno-wychowawczych dla dzieci niewidomych i słabowidzących.

GUS w swoim raporcie z 2017 r. [39] podaje, że wszystkich uczniów z niepełnosprawnością wzroku, niewidomych i słabowidzących, w roku szkolnym 2016/2017 było 7506, wśród nich było 251 uczniów niewidomych i 7255 uczniów słabowidzących (Tabela 10). W szkołach

ogólnodostępnych, w tym integracyjnych lub z oddziałami integracyjnymi, uczyło się 75 uczniów niewidomych i 6539 uczniów słabowidzących. W ośrodkach specjalnych uczyło się 176 uczniów niewidomych i 716 uczniów słabowidzących. Uczniowie niewidomi stanowią tylko 3% (Tabela 11) uczniów z niepełnosprawnością wzroku, korzystających ze szkolnictwa ogólnodostępnego. Większość, 97%, to uczniowie słabowidzący, korzystający ze szkolnictwa ogólnodostępnego (w tym integracyjnego). W szkołach specjalnych proporcje między uczniami niewidomymi i słabowidzącymi są mniej skrajne i wynoszą odpowiednio 20% i 80%, co jest sytuacją potwierdzającą nieprzygotowanie w Polsce szkół ogólnodostępnych do prowadzenia edukacji uczniów niewidomych, przy jednocześnie dobrze zorganizowanych i funkcjonujących specjalnych ośrodkach dla dzieci niewidomych i słabowidzących. W Polsce istnieje 11 państwowych Specjalnych Ośrodków Szkolno-Wychowawczych dla Dzieci Niewidomych i Słabowidzących (SOSW), wśród nich jeden ośrodek (w Warszawie) przeznaczony jest tylko dla dzieci słabowidzących, zaś Ośrodek w Radomiu nie uczy matematyki, mając uczniów niewidomych i słabowidzących ze sprzężonymi niepełnosprawnościami, w tym z upośledzeniem umysłowym. Przy SOSW funkcjonują internaty, w których uczniowie mieszkają na co dzień, z możliwością wyjazdów do domów na weekendy i powrotów na okres wakacji. SOSW realizują wszystkie poziomy nauczania (oprócz Ośrodka w Radomiu), w niektórych SOSW są 2-letnie szkoły policealne, likwidowane stopniowo w wyniku reformy oświaty. W SOSW uczyło się w roku szkolnym 2016/2017 187 uczniów niewidomych i 372 uczniów słabowidzących. Większa liczba uczniów niewidomych w SOSW w Tabela 12 w stosunku do liczby uczniów niewidomych w szkołach specjalnych w Tabela 10 wynika z nieuwzględnienia w Tabela 10 szkół policealnych (brak wyodrębnienia danych w cytowanych raportach GUS dla tego poziomu szkół). Warto zwrócić uwagę w Tabela 10 na zmniejszanie się liczby uczniów z niepełnosprawnością wzroku, zarówno niewidomych jak i słabowidzących, w szkołach z wyższym niż podstawowy poziomem nauczania i to zarówno w szkołach ogólnodostępnych jak i specjalnych

	Typ szkoły	Rok szkolny 2016/2017		Rok szkolny 2012/2013	
		niewidomi	słabowidzący	niewidomi	słabowidzący
1	Zasadnicze szkoły zawodowe	1	121		
2	Szkoły podstawowe	31	3 697	42	2 455
3	Specjalne szkoły podstawowe	62	207	79	188
4	Gimnazja	19	1 694	27	1 450
5	Specjalne gimnazja	37	165	52	211
6	Zasadnicze szkoły zawodowe	1	121	1	93
7	Specjalne zasadnicze szkoły zawodowe	16	75	24	124
8	Licea ogólnokształcące	18	528	20	402
9	Specjalne licea ogólnokształcące	29	114	31	169

10	Technika	6	499	b.d.	235
11	Specjalne technika	32	155	47	185
Razem we wszystkich szkołach		251	7 255	323	5 512
Razem w szkołach ogólnodostępnych		75	6 539	90	4 635
Razem w szkołach specjalnych		176	716	233	877
Razem uczniów z niepełnosprawnością wzroku we wszystkich szkołach			7 506		5 835

Tabela 10. Uczniowie niewidomi i słabowidzący w szkołach ogólnodostępnych i specjalnych w Polsce

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportu GUS [39] [40]

	Rok szkolny 2016/2017		Rok szkolny 2012/2013	
	% uczniów		% uczniów	
	niewidomych w stosunku do wszystkich uczniów z niepełnosprawnością wzroku	słabowidzących w stosunku do wszystkich uczniów z niepełnosprawnością wzroku	niewidomych w stosunku do wszystkich uczniów z niepełnosprawnością wzroku	słabowidzących w stosunku do wszystkich uczniów z niepełnosprawnością wzroku
w szkołach ogólnodostępnych	3%	97%	2%	98%
w szkołach specjalnych	20%	80%	21%	79%

Tabela 11. Udziały szkolnictwa ogólnodostępnego i specjalnego w edukacji uczniów z niepełnosprawnością wzroku w roku szkolnym 2012/2013 i 2016/2017 w Polsce

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportów GUS [39] [40]

Typ szkoły	Rok szkolny 2016/2017		Rok szkolny 2012/2013	
	niewidomi	słabowidzący	niewidomi	słabowidzący
SOSW (wraz ze szkołami policealnymi)	187	372	209	517

Tabela 12. Uczniowie niewidomi i słabowidzący w SOSW w latach szkolnych 2012/2013 i 2016/2017 w Polsce

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportów GUS [39] [40]

W Tabelach 10, 11 i 12 zestawiono dla porównania oprócz danych za 2016/2017 r. odpowiednie dane z raportu GUS za rok szkolny 2012/2013. Można zauważyć na podstawie danych w Tabeli 10 wzrost uczniów z niepełnosprawnościami wzroku w ciągu 4 lat od 2012 r. do 2016 r. z 5835 uczniów do 7506 uczniów, przy czym do wzrostu tego przyczynia się jedynie wzrost liczby uczniów słabowidzących, a nie uczniów niewidomych. Liczba uczniów niewidomych w Polsce zmalała w ciągu 4-ech ostatnich lat z 323 uczniów w 2012 r. do 251 uczniów w 2016 r. Te zjawiska ilościowe mają miejsce przy spadku populacji ludności w Polsce z 38,06 mln w 2012 r. do 37,95 mln w 2016 r. Analiza przyczyn wzrostu liczebności uczniów słabowidzących w Polsce w ciągu 4-ech ostatnich lat, przy zmniejszeniu liczebności całej populacji Polaków, nie leży w zakresie merytorycznym tej publikacji. Pozytywnym zjawiskiem, jakie można zauważyć z danych w Tabeli 10, aczkolwiek nie intensywnym, jest zmniejszenie liczby uczniów zarówno niewidomych jak i słabowidzących uczęszczających do szkół specjalnych. Zjawisko to jest bardziej widoczne w przypadku uczniów słabowidzących, z 16% wszystkich uczniów słabowidzących do 11%, którzy korzystali ze szkół specjalnych, a więc nastąpiło zmniejszenie o 5 %. W przypadku uczniów niewidomych analogiczne zmniejszenie jest o 2%, z 72% do 70%. Można sądzić, że przyczyną tego pozytywnego zjawiska „marszu” w kierunku inkluzyjnej edukacji w Polsce jest stale poprawiające się przygotowanie szkół ogólnodostępnych, ich kadry dydaktycznej i wyposażenia technicznego, w tym TIK, do edukacji uczniów z niepełnosprawnością wzroku. Tabela 12 dostarcza kolejnego dowodu rozwoju edukacji inkluzyjnej w Polsce. Na przestrzeni 4 omawianych lat liczba uczniów z niepełnosprawnością wzroku, korzystających ze szkół specjalnych, zmniejszyła się o 20%, zaś z SOSW zmniejszyła się aż o 23%. Jedną z organizacji badających te trendy była Fundacja Polskich Niewidomych i Słabowidzących TRAKT (www.trakt.org.pl), która przeprowadziła w latach 2013-2014 badania jakościowe, przede wszystkim wśród rodziców dzieci z niepełnosprawnością wzroku, dotyczące ich opinii odnośnie posyłania dziecka do szkoły specjalnej. Rodzice dzieci niewidomych lub słabowidzących bez sprzężonych niepełnosprawności preferują posyłanie dziecka do szkoły ogólnodostępnej, by nie pozbawiać go kontaktu z rodzicami i rodzeństwem. Nie bez znaczenia jest też pomocna rola rodzeństwa uczęszczającego do tej samej szkoły. Nie tylko wzrost przygotowania szkół ogólnodostępnych do edukacji inkluzyjnej nasila ten trend społeczny. Również kompetencje uczniów w zakresie TIK wzrosły, dostępnych jest też wiele wspomagających narzędzi TIK, z których korzystają nauczyciele i uczniowie, o czym piszemy w dalszej części opracowania. Uczniowie niewidomi coraz lepiej radzą sobie z nauką, a dzięki wsparciu TIK zyskują coraz większą samodzielność.

4.3.2 Potrzeby i stosowanie narzędzi TIK wspierających edukację matematyczną

W Polsce matematyka jest przedmiotem nauczania najmniej wspieranym przez TIK w porównaniu z innymi przedmiotami, zarówno w szkołach ogólnodostępnych, jak i w szkołach specjalnych. Pierwsze badania dotyczące roli TIK w edukacji matematycznej uczniów z niepełnosprawnością wzroku zostały rozpoczęte przez IMM w 2014 r. [41]. Były to badania wstępne, dostarczające informacji i wskazań odnośnie oczekiwanych przez nauczycieli i uczniów funkcji modelu platformy z narzędziami TIK, wspierającymi nauczycieli matematyki i uczniów z dysfunkcją wzroku. Platforma, o nazwie PlatMat, powstała w 2015 r. Dalsze badania modelu PlatMat oraz opinii o nim nauczycieli i uczniów, zostały przeprowadzone przez IMM w warunkach laboratoryjnych, w ramach testów i szkoleń wstępnych w 2015 r. Celem tych badań było uzyskanie wstępnej opinii nauczycieli na temat użyteczności opracowanych narzędzi

PlatMat [42] Kolejne badania IMM, w 2017 r., pogłębione, z wykorzystaniem mierzalnych kryteriów efektów stosowania narzędzi wspomagających w pracy nauczyciela i ucznia na lekcji w szkole i poza nią - w trybie zdalnym, zostały przeprowadzone w czasie pilotażowego wdrożenia prototypu PlatMat w 3-ech placówkach szkolnych – dwóch SOSW i w jednej szkole ogólnodostępnej (gimnazjum) z oddziałami integracyjnymi. Celem trzeciego badania, podjętego po kilku latach od badania pierwszego, prowadzonego przez kilka miesięcy, na przełomie 2017r./2018 r., zapoczątkowanego przez IMM i kontynuowanego przez NASK PIB, była ocena aktualnego stanu z informatyzowania włączającej edukacji matematycznej uczniów z niepełnosprawnością wzroku oraz sygnalizowanych potrzeb w zakresie wspomagających TIK.

Publikowane badania dotyczące cyfryzacji i zastosowań TIK w szkołach ogólnodostępnych

Publikowanych informacji na temat badań dotyczących wsparcia przez TIK uczniów z niepełnosprawnością wzroku w Polsce na lekcjach matematyki i w domu, innych niż prowadzone od 2014 r. przez IMM, a następnie przez NASK PIB - opisane w dalszej części opracowania, nie można się doszukać. Są natomiast publikowane badania dotyczące ogólnego wsparcia przez TIK uczniów z niepełnosprawnością wzroku lub uczniów ze specjalnymi potrzebami w edukacji szkolnej. Większość badań oparta została na wypowiedziach nauczycieli i w dużym stopniu dotyczyły wsparcia przez TIK samych nauczycieli. W pracy Bidzińskiego [43], badając deklarowaną przez nauczycieli częstotliwość stosowania TIK w realizacji czynności dydaktycznych w stosunku do uczniów ze specjalnymi potrzebami, podane jest 5 czynności dydaktycznych: poszukiwanie informacji metodycznych, przygotowywanie pomocy dydaktycznych, przygotowywanie prezentacji multimedialnych, upowszechnianie osiągnięć uczniów w sieci WWW oraz organizowanie pracy uczniom na platformie e-learningowej. Warto zauważyć, że tylko jedna z tych czynności - organizowanie pracy uczniom na platformie e-learningowej, dotyczy wsparcia uczniów przez TIK. Na 38 zebranych wypowiedzi 25 określa częstotliwość podejmowania tego rodzaju działań jako bardzo rzadką.

Rodzaj działań pedagogicznych	Stosuje	Bardzo rzadko	Czasami	Często	Regularnie
Organizowanie pracy uczniom na platformie e-learningowej	38	25	6	5	2

Tabela 13. Częstotliwość stosowania przez nauczycieli TIK w czynnościach pedagogicznych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [43]

W publikacji nie podano uzasadnienia, dlaczego ten typ wsparcia uczniów przez TIK był badany i czy potrzeba wspierania uczniów przez Moodle lub inny system klasy LMS jest istotna w procesie edukacyjnym, zwłaszcza uczniów ze specjalnymi potrzebami. Być może chodziło o uwzględnienie w badaniach uzupełniania lub też utrwalania wiadomości uczniów poprzez zdalne uczenie się, samodzielne lub wspierane konsultacjami. Wyniki badań wskazują na bardzo rzadkie umożliwianie uczniom korzystania z e-learningu. Jest to wybiórcza informacja

o wspieraniu przez TIK uczniów ze specjalnymi potrzebami, wspieraniu raczej poza lekcjami. Z wyników badań przedstawionych w tej publikacji wyłania się pozytywny obraz doskonalenia procesu dydaktycznego za pomocą TIK, ale trzeba doprecyzować, że tylko w części tego procesu, dotyczącego przygotowywania materiałów dydaktycznych i lekcji, a nie wsparcia uczniów ze specjalnymi potrzebami na lekcji przez TIK. Podobny obraz dobrego opanowania narzędzi TIK przez nauczycieli, potrzebnych do utworzenia materiałów na lekcje (np. kart pracy ucznia, testów), wynika z badań przeprowadzonych przez IMM/NASK PIB, dalej opisanych.

Wsparciu uczniów niewidomych i słabowidzących poświęcone były badania, prezentowane w pracy Paplińskiej [44], prowadzone w latach 2016-2017 w 35 szkołach specjalnych i 36 szkołach ogólnodostępnych. Dotyczyły one ogólnie edukacji tych uczniów, bez rozróżnienia przedmiotu nauczania. W badaniach wzięło udział, oprócz nauczycieli, 24 uczniów z dysfunkcją wzroku, w równej liczbie ze szkół ogólnodostępnych i ze szkół specjalnych. Warto zwrócić uwagę na wypowiedzi uczniów, ponieważ czasami widzą swoje problemy w stosowaniu TIK wyraźniej niż ich nauczyciele. Tylko połowa uczniów deklarujących potrzebę stosowania TIK może korzystać ze szkolnego sprzętu specjalistycznego. Potwierdzają się wnioski z badań Śmiechowskiej [45], że w polskich szkołach jest niewystarczająca ilość sprzętu komputerowego i specjalistycznego oraz specjalistycznego oprogramowania dla potrzeb wsparcia uczniów z dysfunkcją wzroku. Nadal materiały na lekcje przygotowywane są w większości badanych szkół w formie tradycyjnej – jako materiały drukowane, w tym w brajlu. Tylko jedna czwarta uczniów otrzymuje materiały na lekcje w wersji elektronicznej, a na matematyce - tylko 2 uczniów deklaruowało tę formę otrzymywanych materiałów. Wykorzystywanie TIK na lekcjach do pisania sprawdzianów deklarowało 4 uczniów z 24, do rozwiązywania testów w wersji elektronicznej - 3 uczniów, do pisania na komputerze na lekcjach - 6 uczniów. Badania nie rozróżniały wypowiedzi uczniów niewidomych i słabowidzących, jak również przedmiotów nauczania. Zakres badań obejmował stosowanie sprzętu komputerowego i specjalistycznego, a z oprogramowania tylko stosowanie programów udźwiękowiających i powiększających. W publikacji brak jest odniesienia do dostępnych na rynku specjalistycznych programów wspierających uczniów z dysfunkcją wzroku i ich stosowania w szkołach. Luka między możliwościami technologicznymi a praktyką edukacyjną wynika m.in. z braku ustawicznych szkoleń nauczycieli w zakresie rozwijających się dynamicznie TIK oraz z braku w polskim systemie edukacyjnym rozwiązań systemowych dotyczących doboru i wdrożeń wspomagających TIK.

Warto odnieść się do informacji z raportu Najwyższej Izby Kontroli (NIK) [46], opublikowanego w 2017 r., dotyczących cyfryzacji polskich szkół w programie „Cyfrowa szkoła”, który objął 425 szkół na 30 tys. istniejących w Polsce. Kontroli poddano 30 szkół po zakończeniu tego programu. Wg raportu, w kontrolowanych szkołach w II semestrze roku szkolnego 2015/2016 przeprowadzono z zastosowaniem TIK 50,3% ogólnej liczby zajęć z przedmiotów nieinformatycznych, z czego 17,8% przeprowadzono z zastosowaniem TIK w bezpośredniej pracy uczniów, a 32,5% obejmowało wykorzystanie TIK jedynie przez nauczycieli dla wsparcia działań dydaktycznych.

Można podsumować ten przegląd publikowanych informacji o stosowaniu zarówno TIK wspierających uczniów widzących jak i uczniów z dysfunkcją wzroku, że poziom z informatyzowania lekcji (nie nauczycieli) w polskiej szkole jest niski. Na ten stan składa się kilka przyczyn. Z raportu NIK wynika, że nauczyciele jako główną przyczynę wskazują niewystarczające wyposażenie szkół w TIK (patrz Rysunek 11). Z badań NIK, jak również z badań IMM uzyskanych w wywiadach z nauczycielami wynika, że znacznym problemem,

zauważonym w badaniach, jest brak pomocy technicznej w zakresie TIK dla nauczycieli. Nauczyciel przedmiotu nie ma takich samych kompetencji informatycznych jak zawodowych i trudno zakładać, że nabeździe je w pełni nawet po kilku szkoleniach. Nauczyciel obawia się stosowania TIK na lekcjach bez dostępnego wsparcia informatycznego, a wsparcie takie było dostępne, wg raportu NIK, tylko w 1/5 badanych szkół.



Rysunek 11. Główne bariery w stosowaniu nowoczesnych TIK w szkołach

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportu NIK [46]

Badania potrzeb i opinii nauczycieli o wpływie stosowania wspomagających narzędzi TIK

Ukierunkowane na edukację matematyczną badania, dotyczące potrzeb w zakresie wspomagających TIK i w zakresie stosowanych w praktyce TIK w matematycznej edukacji włączającej, rozpoczął w 2014 r. Instytut Maszyn Matematycznych, a po włączeniu w 2018 r. IMM do NASK PIB, badania na ten temat były kontynuowane przez NASK PIB w ramach projektu EuroMath (Erasmus+).

4.3.2.1.1 Badania potrzeb dotyczących wspomagających TIK

Badania zostały przeprowadzone w 2014 r. wśród nauczycieli matematyki, uczniów niewidomych i słabowidzących oraz ich rodziców, ze szkół ogólnodostępnych, szkół z oddziałami integracyjnymi i ze specjalistycznych ośrodków szkolno-wychowawczych metodą ankietowania przy pomocy ankiet elektronicznych opracowanych w Google Forms oraz metodą indywidualnych wywiadów telefonicznych. Badania objęły respondentów z całej Polski. Do badań pozyskano łącznie 142 respondentów, spośród których 104 wypełniło ankietę elektroniczną, a 38 udzieliło wywiadu telefonicznego.

Badania i wnioski z badań zostały przedstawione w pracy Rubin, Faderewski, Mikułowski [41].

Badania wykazały m.in. wysoki poziom skomputeryzowania, z informatyzowania i „zinternetowania” nauczycieli, jak również wykazały w znacznym stopniu nieznajomość brajla wśród nauczycieli:

- wszyscy nauczyciele korzystają z komputera, a 71% korzysta z niego codziennie;
- prawie wszyscy nauczyciele korzystają z Internetu, a 74% robi to codziennie;
- 40% z nich poszukuje w Internecie materiałów do nauki matematyki osób z dysfunkcją wzroku;
- bardzo duża grupa nauczycieli nie zna pisma brajla (48% wszystkich badanych nauczycieli), wyłącznie ze szkół ogólnodostępnych z oddziałami lub bez oddziałów integracyjnych.

Nauczyciele wykazują gotowość do stosowania nowych technologii ułatwiających im nauczanie i kontakty z uczniami niewidomymi i słabowidzącymi:

- nauczyciele zdecydowanie (91%) chcą poznać nowe technologie przydatne w nauczaniu matematyki;
- zdecydowana większość (90%) chciałaby wdrożyć i używać w swojej pracy narzędzia informatyczne, gdyby były one odpowiednio dostosowane do potrzeb.

Trochę niższy poziom stosowania technik komputerowych i informatycznych oraz korzystania z Internetu wykazują badani uczniowie (większy poziom – uczniowie słabowidzący, mniejszy – niewidomi) oraz podobny do nauczycieli jest udział uczniów nieznających brajla:

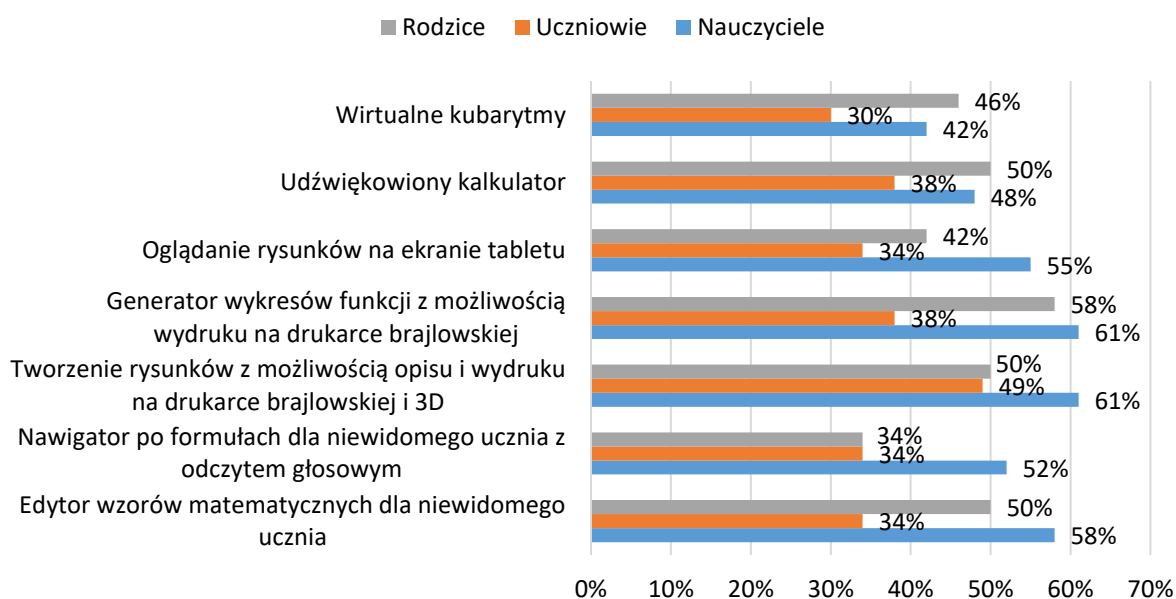
- wszyscy uczniowie korzystają z komputera, a 64% z nich robi to codziennie (są to w zdecydowanej większości uczniowie szkół ponadgimnazjalnych i gimnazjum oraz są to przeważnie osoby słabowidzące);
- również wszyscy uczniowie korzystają z Internetu, a 64% uczniów korzysta z niego codziennie;
- tylko 14% uczniów poszukuje w Internecie materiałów i pomocy do nauki matematyki;
- większość uczniów (51%) na co dzień korzysta z urządzenia typu tablet czy smartfon – są to jednak przede wszystkim uczniowie słabowidzący (prawie 87%);
- 47% uczniów w ogóle nie zna pisma brajla, pozostałe 53% uczniów zna brajla na różnym poziomie.

Ten skróto zarysowany obraz dobrej sytuacji komputeryzacji i informatyzacji środowiska nauczycieli i uczniów oraz ich gotowość przyjęcia nowych wyzwań technologicznych dostosowanych do potrzeb w zakresie nauki matematyki, przy jednoczesnej, zanotowanej w obu grupach – nauczycieli i uczniów, znacznej nieznajomości brajla, tworzą dobrą podstawę dla adopcji nowych rozwiązań informatycznych.

Zidentyfikowane w badaniu oczekiwania nauczycieli i uczniów wyrażone w pytaniach otwartych, to:

- możliwość gromadzenia cyfrowych wersji rysunków wypukłych przez nauczycieli, aby można było je łatwo wydrukować (np. na drukarce 3D);
- wytworzenie bazy modeli brył do druku na drukarce 3D;
- edytory dla ucznia z możliwością pogrubiania tekstu, zmiany rozmiaru czcionki i zmiany koloru tła oraz tekstu;
- elektroniczny model układu współrzędnych;
- elektroniczna oś liczbowa, na której można zaznaczać przedziały i ich krańce;
- automatyczna archiwizacja zapisywanego podczas lekcji materiału, aby uczeń lub nauczyciel mogli do niego wrócić w sytuacji wystąpienia błędu lub skasowania danych;
- wprowadzenie możliwości ustawienia kolorów składni zapisu matematycznego;
- wprowadzenie profili, które dadzą możliwość ustawienia kolorów dla poszczególnych elementów zapisu (np. cyfry, symbole, fragmenty działań matematycznych).

W ankietach, oprócz pytań otwartych, zostały zawarte propozycje nowych rozwiązań TIK takich jak na przykład: wirtualne kubarytmy umożliwiające uczniom naukę arytmetycznych działań sposobem pisemnym, edytor formuł dla uczniów niewidomych (kolejne badania wykazały, że również dla uczniów słabowidzących), nawigator po formułach, generator wykresów funkcji, akustyczne oglądanie grafiki matematycznej. Rysunek 12 przedstawia poziom akceptacji przez respondentów proponowanych nowych rozwiązań TIK, które stanowiły w pytaniach opcje wyboru.



Rysunek 12. Poziom akceptacji przez nauczycieli, uczniów i rodziców stosowania proponowanych nowych rozwiązań TIK wspomagających włączającą edukację matematyczną

Źródło: opracowanie własne

Wyniki przedstawionych wyżej badań, wskazujące na silną potrzebę nowych rozwiązań TIK ukierunkowanych na uczniów z niepełnosprawnością wzroku, zwłaszcza uczniów niewidomych, stanowiły uzasadnienie dla rozpoczęcia przez IMM prac badawczo rozwojowych nad wspomagającą technologią PlatMat, prowadzonych w ścisłej współpracy z nauczycielami i uczniami.

4.3.2.1.2 Badania oceny użyteczności rozwiązań TIK wspomagających matematyczną edukację włączającą

W 2015 r. opracowane przez IMM nowe rozwiązania TIK wspomagające matematyczną edukację włączającą udostępniono do testowania i do oceny ich przewidywanej użyteczności. W badaniu wzięło udział 24 nauczycieli matematyki z 8 placówek edukacyjnych w Polsce, uczących uczniów z niepełnosprawnością wzroku. Były to badania ankietowe, ilościowe i jakościowe, zostały przedstawione wraz z wynikami w pracy Rubin [42]. Badania ilościowe dotyczyły kompletności testowanych rozwiązań. Wyniki badań ilościowych dotyczących najistotniejszych dla wsparcia nauczycieli i uczniów rozwiązań TIK przedstawia Tabela 14. Warto podkreślić, że nauczyciele formułowali swoje opinie na podstawie testowania, a nie stosowania¹¹, ponieważ był to etap testowania modelowych rozwiązań, a nie ich wdrożenia. Ocenianymi, nowymi rozwiązaniami TIK były:

- tworzenie i drukowanie pomocy matematycznych (czarno druk, brajl, tyflografika, 3D);
- uniwersalne (dla uczniów niewidomych i dla uczniów słabowidzących) hypermedialne (multimedialne, interaktywne) dokumenty matematyczne w formacie standardu EPUB3, zawierające formuły w notacji MathML, wektorową grafikę matematyczną w formacie SVG, nagrania MP3 komentarzy nauczyciela lub ucznia, aktywne linki do materiałów wideo np. na YouTube oraz skrypty JScript zapewniające interaktywność dokumentów;
- wirtualne Kubarytmy (aplikacja Windows) do nauczania arytmetycznych obliczeń sposobem pisemnym, zarówno uczniów niewidomych jak i słabowidzących, zawierające możliwość dostosowywania interfejsu użytkownika do jego potrzeb;
- akustyczny odczyt grafiki dla wstępnego poznania grafiki przez niewidomego ucznia, na który składają się:
 - czytane semantyczną mową syntetyczną opisy grafiki i jej elementów, wprowadzone przez nauczyciela lub będące wartościami metadanych generowanymi automatycznie w czasie zapisu grafiki do formatu SVG na podstawie jej parametrów (np. współrzędne wierzchołków);
 - udźwiękowanie wykresów funkcji;
 - dźwięki techniczne („audio-icons”) np. informujące o wyjściu gestem dotykowym poza obszar rysunku;
- nagrane lub tekstowe komentarze nauczyciela (objaśniające) i ucznia (z pytaniami lub wyjaśnieniami);
- nawigacja po formułach, z klawiatury lub gestami, wspomagana odczytem mową syntetyczną elementów formuły;
- semantyczny odczyt formuł mową syntetyczną;
- dostępny dokument matematyczny EPUB3;
- dostępne, multimedialne zasoby matematyczne EPUB3 na portalu;
- obszary dokumentu do edycji przez ucznia, zaś pozostałe treści tylko do odczytu;
- zdalny pulpit - monitoring zawartości ekranu wybranego ucznia, wyświetlanej na ekranie nauczyciela.

¹¹ W 2015 r. nie było jeszcze doświadczeń z używania nowych TIK, opracowanych przez IMM, w praktyce szkolnej.

Czy Pana/i zdaniem poniższe narzędzia przyspieszają i ułatwiają nauczycielowi przygotowanie zajęć i pracę z uczniami niepełnosprawnymi wzrokowo w procesie edukacji matematycznej?	Tak	Nie	Nie mam zdania
Drukowane pomoce matematyczne (czarnodruk, brajl, 3D)	19	0	5
Uniwersalne dokumenty matematyczne EPUB3	20	2	2
Kubarytmy do nauki arytmetycznych obliczeń sposobem pisemnym	17	0	7
Czy Pana/i zdaniem poniższe narzędzia zwiększają samodzielność i tempo pracy uczniów niepełnosprawnych wzrokowo w nabywaniu kompetencji matematycznych?	Tak	Nie	Nie mam zdania
Akustyczny odczyt grafiki	15	0	9
Multimedialne komentarze	16	0	8
Nawigacja po formułach wspomagana dźwiękowym odczytem	15	0	9
Semantyczny odczyt formuł	15	0	9
Dostępny dokument matematyczny EPUB3	16	0	8
Czy Pana/i zdaniem poniższe narzędzia mają pozytywny wpływ na efektywność współpracy nauczyciela i ucznia niepełnosprawnego wzrokowo w procesie nauczania matematyki?	Tak	Nie	Nie mam zdania
Dostępne, multimedialne, internetowe zasoby matematyczne EPUB3	20	0	4
Dedykowane aktywnościom ucznia obszary dokumentu	17	0	7
Zdalny pulpit	18	0	6

Tabela 14. Ocena użyteczności przez nauczycieli nowych rozwiązań TIK wspomagających włączającą edukację matematyczną

Źródło: opracowanie własne

Wnioski z tych badań wskazują na duże poparcie nowości i docenienie ich roli w przyspieszaniu uczenia matematyki i zwiększeniu samodzielności ucznia. Ze względu na fakt, że oceniane były modelowe rozwiązania, testowane przez nauczycieli laboratoryjnie, tylko po przeszkoleniu z PlatMat, a nie w warunkach rzeczywistej pracy nauczyciela wspieranej przez PlatMat i z posiadaniem przez nauczyciela doświadczeniem z takiej współpracy, można zauważyć sporo głosów niepewnych co do użyteczności niektórych nowych rozwiązań np. odczytu semantycznego formuł czy nawigacji po formule połączonej z odczytem. Kolejne badania, tym razem prototypu PlatMat w warunkach pilotażowego wdrożenia, opisane w następnym rozdziale, wykażą jednoznacznie pozytywne stanowisko nauczycieli w tej sprawie.

4.3.2.1.3 Badania oceny wymiernych korzyści zastosowania wspomagających TIK w pracy nauczyciela i ucznia

Celem badań było określenie wymiernych korzyści, jakie osiąga nauczyciel matematyki oraz uczeń niewidomy i uczeń słabowidzący w wyniku używania na lekcji i w domu wspomagających narzędzi PlatMat z nowymi rozwiązaniami TIK. Badania zostały przeprowadzone w 2017 r. po trwającym kilkumiesięcznym pilotażowym wdrożeniu narzędzi PlatMat w 3 placówkach edukacyjnych – w SOSW w Krakowie, SOSW w Warszawie i Gimnazjum nr 3 z Oddziałami Integracyjnymi w Siedlcach. Ponieważ nie wszyscy uczniowie w klasach zostali wyposażeni w laptopy, to pilotażowe zajęcia były prowadzone przede wszystkim jako zajęcia wyrównawcze, indywidualnie z uczniem lub w niewielkich 2-3 osobowych grupach uczniów. Zajęcia wyrównawcze były prowadzone również przez Internet. W trybie zdalnym, podobnie do zajęć wyrównawczych, były prowadzone także bieżące konsultacje dotyczące zadanych prac domowych. W badaniu o charakterze jakościowym wzięło udział pięcioro nauczycieli matematyki, w tym trzech ze specjalnością tyflopedagogów oraz jedenastu uczniów – czterech niewidomych i siedmiu słabowidzących. Badania były ankietowe. Ankiety miały 3 części dotyczące pracy nauczyciela, pracy ucznia niewidomego i pracy ucznia słabowidzącego oraz część czwartą z kryteriami i miarami oceny. Badania zostały opisane w wewnętrznym raporcie IMM [47].

Nauczycieli pytaliśmy o wymierne korzyści w następujących procesach:

Proces 1

1. Przygotowanie kart pracy i pomocy w postaci wydruków dla realizacji zadań przez ucznia niewidomego i ucznia słabowidzącego z uwzględnieniem czasu przygotowania metodami dotychczasowymi dla wszystkich uczniów (różnorodność niepełnosprawności) w klasie.

Proces 2

1. Dystrybucja kart i pomocy versus czas dyktowania i rozdawania w metodach dotychczasowych.
2. Odebranie/otrzymanie rozwiązanych zadań/kart.
3. Sprawdzenie prac przez nauczyciela, zaznaczanie błędów (w PlatMat - specjalnymi komentarzami) i przekazanie uczniowi do poprawy.
4. Sprawdzenie po poprawieniu.

Proces 3

1. Pomoc nauczyciela uczniowi (monitoring pulpitu ucznia w klasie, pomoc przez Internet w domu/internacie):
 - a. w pierwotnym rozwiązywaniu zadań;
 - b. w poprawie pracy;
 - a. w uzupełnieniu wiadomości ucznia (uczeń słabszy, uczeń po dłuższej nieobecności w szkole z powodu choroby).

Ucznia słabowidzącego pytaliśmy o wymierne korzyści w następujących operacjach:

1. obliczanie otrzymanych różnych (arytmetyka, potęgi, wielomiany, pierwiastki) jednowymiarowych i dwuwymiarowych formuł jednowymiarowych w preferowanym przez ucznia edytorze i metodą dotychczas stosowaną;

2. pisanie/rozwiązywanie układu równań w preferowanym przez ucznia edytorze i metodą dotychczas stosowaną;
3. rozwiązywanie/przekształcanie wieloliniowych formuł w preferowanym przez ucznia edytorze i metodą dotychczas stosowaną;
4. rozwiązywanie zadania z treścią z parametrami do obliczeń w preferowanym przez ucznia edytorze i metodą dotychczas stosowaną;
5. rozwiązywanie zadania typu testowego „połącz w pary”;

Przykład zadania typu testowego „połącz w pary”, wyświetlanego dla uczniów słabowidzących na tablicy interaktywnej, a dla uczniów niewidomych przesłanego na ich komputery jako dokument EPUB3 i obsługiwanego z klawiatury QWERTY:

Zadanie: Połącz ułamki zwykłe z ich rozwinięciem.

	0,625
$\frac{3}{4}$	1,25
$\frac{3}{2}$	0,225
$\frac{5}{8}$	1,5
	0,75
	0,5

Rysunek 13. Przykład zadania typu „połącz w pary”

Źródło: Opracowanie własne

6. zadanie geometryczne na obliczenie „czegoś” w figurze:
 - a. z rysunkiem w dokumencie;
 - b. z rysunkiem do wykonania (wykres funkcji, rysunek figury).

Ucznia niewidomego pytaliśmy, podobnie jak ucznia słabowidzącego, z niewielkimi uzupełnieniami pytań, o wymierne korzyści w następujących operacjach:

1. obliczanie otrzymanych różnych (arytmetyka, potęgi, wielomiany, pierwiastki) jednowymiarowych i dwuwymiarowych formuł jednoliniowych w preferowanym przez ucznia edytorze i metodą dotychczas stosowaną;
2. pisanie/rozwiązywanie układu równań w preferowanym przez ucznia edytorze i metodą dotychczas stosowaną;
3. rozwiązywanie/przekształcanie wieloliniowych formuł w preferowanym przez ucznia edytorze i metodą dotychczas stosowaną;
4. rozwiązywanie zadania z treścią z parametrami do obliczeń w preferowanym przez ucznia edytorze i metodą dotychczas stosowaną;

5. rozwiązywanie zadania „połącz w pary” (w wersji dla ucznia niewidomego z numeracją obszarów do łączenia umożliwiającą identyfikację odpowiedzi do pytania i nawigację po pytaniach i odpowiedziach do pytania);
6. zadanie geometryczne na obliczenie „czegoś” w figurze z materiałem pomocniczym w postaci wydruku tyflograficznego, na papierze puchącym;
7. poprawa rozwiązania zadania (modyfikacja formuł prostych i wieloliniowych z odszukaniem miejsca błędu wskazanego przez nauczyciela za pomocą specjalnego komentarza:
 - a. poprzez wywołanie nawigatora po formule, zaznaczenie błędnego fragmentu formuły i jego edycję w preferowanym przez ucznia edytorze;
 - b. poprzez wczytanie całego rozwiązania bezpośrednio do preferowanego edytora i nawigowanie po formule w edytorze;
8. poprawa rozwiązania zadania (modyfikacja formuł prostych i wieloliniowych z odszukaniem miejsca błędu wskazanego przez nauczyciela za pomocą specjalnego komentarza w wybranym za pomocą preferowanego przez ucznia edytora formuł).

Respondenci mieli zasugerowane przy każdym pytaniu kryteria oceny oraz określone miary.

Kryteria oceny i miary

Co i jak mierzyliśmy:

1. czas (krótszy, dłuższy, taki sam jak dotychczas);
2. liczba wydruków (większa, mniejsza, niezmienną);
3. liczba błędów (większa, mniejsza, taka sama jak dotychczas) i ewentualnie przyczyny błędów;
4. możliwość wykonania (czy w ogóle do tej pory była możliwość wykonania danej operacji, pomocy) - TAK/NIE;
5. Kompletność wykonania otrzymanych zadań - liczba zadań w pełni wykonanych (z błędnie wykonanymi włącznie) do liczby wszystkich zadań;
6. Komfort pracy:
 - a. ucznia (większy, mniejszy, taki sam jak dotychczas);
 - b. uczniów w klasie (wziąć pod uwagę hałas z brajlerów): (większy, mniejszy, taki sam jak dotychczas);
 - c. nauczyciela: (większy, mniejszy, taki sam jak dotychczas).

Przy formułowaniu oceny należało wziąć pod uwagę:

- możliwość wyboru w narzędziu dla nauczyciela opcji wygodnych dla nauczyciela, w narzędziu dla uczniów słabowidzących i w narzędziu dla uczniów niewidomych - opcji wygodnych dla każdego ucznia;
- pracę możliwą bez wychodzenia ze środowiska PlatMat do innych narzędzi;
- druk pomocy na papierze puchącym w domu, zaś wygrzewanie w szkole na wygrzewarce;
- możliwość monitoringu pracy ucznia ze stanowiska nauczyciela w klasie lub z domu;
- konfigurowalność narzędzi PlatMat do potrzeb ucznia (profilowanie);
- współpracę zdalną przez Internet nauczyciel-uczeń

7. Komunikatywność:
 - a. sprawność obsługi ucznia przez nauczyciela (szybka reakcja na popełniane błędy i możliwość dokładnego wskazania i opisanie błędu) – (większa, mniejsza, taka sama jak dotychczas);
 - b. dostępność pomocy nauczyciela z punktu widzenia potrzeb ucznia (uczeń może zadzwonić po pomoc a vista lub umówić się na pomoc) – (większa, mniejsza, taka sama jak dotychczas);
 - c. przesyłanie dokumentów matematycznych przez WiFi i przez Internet, do chmury np. na Google Dysk.
8. Samodzielność ucznia w obszarach, w których przy dotychczasowych metodach pracy jej nie było lub była mniejsza (większa, mniejsza, taka sama jak dotychczas).

Przy formułowaniu oceny należało wziąć pod uwagę:

- usunięcie konieczności dyktowania przez ucznia rozwiązań nauczycielowi/rodzicowi, w sytuacji bardzo słabego wzroku lub nieznajomości brajla (w szkole ogólnodostępnej - inkluzyjność edukacji);
 - możliwość samodzielnego wykonania działań arytmetycznych sposobem pisemnym przez ucznia słabowidzącego i ucznia niewidomego;
 - samodzielne zrozumienie budowy złożonej formuły (dzięki nawigacji po formule);
 - samodzielność ucznia w modyfikacji formuły metodą przez niego preferowaną (całą formułę można wczytać do edytora i kursorem dochodzić do miejsca błędu albo wczytać do edycji fragment znaleziony nawigatorem);
 - czat w brajlu.
9. Obsługa w klasie różnorodnych potrzeb uczniów o różnym stopniu niepełnosprawności wzroku (mieszana grupa uczniów w edukacji włączającej – uczniowie widzący, uczniowie niewidomi, uczniowie słabowidzący o różnym stopniu widzenia):
 - a. czas przygotowania materiałów na lekcję (mniejszy, większy, taki sam);
 - b. czas sprawdzania i wskazywania/informowania o błędach (mniejszy, większy, taki sam);
 - c. monitoring każdego ucznia w czasie pracy (do wyboru określenia: precyzyjniejszy, szybszy, kompletny, możliwy, wygodny, inne określenie).

Główne korzyści zidentyfikowane w wyniku badań, szczegółowe opisane w Raporcie z badań dla PFRON [47] są następujące:

- poprawa sprawności informatycznej młodszych uczniów wpływająca na skrócenie czasu wykonywania operacji matematycznych (opanowanie skrótów klawiaturowych);
- skrócony czas operacji matematycznych wykonywanych przez uczniów słabowidzących;
- zwiększony komfort pracy uczniów słabowidzących w wyniku możliwości profilowania narzędzi;
- zwiększenie sprawności obsługi nauczyciela przez ucznia w wyniku m.in. czytelnych zapisów uczniów;
- zwiększenie samodzielności uczniów m.in. w wyniku semantycznego odczytu formuł, rozpoznawania struktury formuły, przejrzystych dla siebie własnych zapisów;

- liczba błędów popełnianych przez uczniów była nie większa, zaś wyraźnie mniejsza była przy zadaniach typu „połącz w pary” i zadaniach z treścią z podanymi parametrami do obliczeń;
- przyspieszenie poprawy zadań przez uczniów słabowidzących m.in. w wyniku umieszczania przez nauczyciela komentarzy wskazujących/opisujących błąd;
- zwiększenie komunikatywności, komfortu pracy ucznia i skuteczności pomocy w wyniku monitorowania ekranu ucznia przez nauczyciela;
- skrócony czas przygotowywania kart pracy, znaczny - w przypadkach zadań z ułamkami, pierwiastkami, układami równań i znakami specjalnymi, których stosowanie w edytorze Word jest dość uciążliwe;
- zwiększony komfort pracy nauczyciela w wyniku zgromadzenia wszystkich potrzebnych funkcji w jednym narzędziu bez konieczności korzystania z wielu różnych narzędzi;
- zwiększenie możliwości pomocy uczniowi i jej precyzyjności.

Uczniowie niewidomi wyrazili opinię, że rozpoczęcie stosowania w nauce matematyki wspomagających narzędzi TIK powinno mieć miejsce na wczesnym etapie edukacji, nim nie utrwali się stosowanie tradycyjnych metod opartych na brajlu i dotyku (dwoma rękami), co przeszkadza np. w pełnej akceptacji nowych, akustycznych metod poznawania grafiki matematycznej.

Nauczyciele są zdania, że używanie jednolitych narzędzi TIK, w tym PlatMat, przez wszystkich uczniów w klasie integracyjnej na lekcji matematyki, może mieć pozytywny wpływ na komfort funkcjonowania w niej uczniów z dysfunkcją wzroku poprzez niwelowanie różnic w dostępie do treści matematycznych. Wymaga to skomputeryzowania wszystkich uczniów biorących udział w lekcji. Zanotowano również postulat nauczycieli matematyki dotyczący włączenia nauczycieli wspierających do przyszłej współpracy przy wdrażaniu TIK do praktyki szkolnej. Oczekiwany kompetencjami nauczyciela wspierającego są m.in. kompetencje w zakresie obsługi wspierających narzędzi TIK.

Badania stosowanych TIK w matematycznej edukacji włączającej

Na przełomie 2017/2018 roku, przez kilka miesięcy, w ramach projektu EuroMath¹² były prowadzone badania jakościowe ankietowe, wsparte kilkoma indywidualnymi wywiadami i opracowaniami eksperckimi, dotyczącymi zastosowania TIK w edukacji matematycznej uczniów niepełnosprawnych wzrokowo oraz zastosowań w tej edukacji interaktywnych tablic i monitorów. Celem badania było pozyskanie wiedzy odnośnie stopnia zaspokojenia potrzeb nauczycieli i uczniów z dysfunkcją wzroku w polskich szkołach w zakresie wsparcia przez TIK edukacji matematycznej.

Zaproszenie do badań wysłano pocztą i mailem, wraz z ankietami, do wszystkich SOSW i kilku szkół z oddziałami integracyjnymi na podstawie listy obecności na konferencjach dotyczących technologii PlatMat. Do szkół ogólnodostępnych z ankietami dotarli osobiście wykonawcy

¹² Akronim projektu EuroMath Erasmus+ pn. „EuroMath – zwiększenie wsparcia nauczycieli i uczniów z dysfunkcją wzroku innowacyjnymi TIK w matematycznej edukacji włączającej”, realizowany w okresie 2017-2020 przez NASK PIB, który jest koordynatorem projektu.

projektu EuroMath, kryterium wyboru szkoły była bliska lokalizacja w stosunku do miejsca zamieszkania wykonawcy lub współpraca ze szkołą w przeszłości. W badaniach wzięło udział 29 nauczycieli matematyki z 15 szkół z całej Polski. Wśród tych 15 szkół było 6 szkół ogólnodostępnych, 3 szkoły z oddziałami integracyjnymi i 6 Szkolnych Ośrodków Szkolno-Wychowawczych (SOSW). Rozkład respondentów w poszczególnych rodzajach szkół przedstawia Tabela 15.

Lp.	Rodzaj szkoły	Liczba szkół	Liczba respondentów
1.	ogólnodostępna	6	8
2.	z oddziałami integracyjnymi	3	7
3.	SOSW	6	14
Razem:		15	29

Tabela 15. Rozkład liczebności respondentów w poszczególnych rodzajach szkół

Źródło: opracowanie własne

Na potrzeby badań opracowano dwie ankiety – jedna dotyczyła stosowanych wspomagających TIK na lekcjach matematyki, a druga - wykorzystywania na lekcjach matematyki interaktywnych tablic i monitorów. Ankieta analizująca stosowanie wspomagających TIK zawierała 6 pytań dotyczących:

- istniejącej w szkole infrastruktury sieciowej i korzystania z Internetu;
- TIK znajdujących się na wyposażeniu szkoły;
- sprzętu komputerowego, z jakiego korzystają nauczyciele matematyki;
- sprzętu komputerowego, z jakiego korzystają uczniowie niewidomi i słabowidzący;
- TIK wykorzystywanych na lekcjach matematyki przez nauczycieli.

Tabela 16 przedstawia zebrane odpowiedzi z wypełnionych ankiet TIK. Tabela 17 przedstawia zebrane odpowiedzi, pochodzące z wypełnionych ankiet dot. stosowania interaktywnych tablic i monitorów.

Pytania i wybór odpowiedzi	Liczba odpowiedzi	Zebrane odpowiedzi na pytania otwarte jaki/jakie/jakim? i do czego? (cytowane)
1. Na lekcjach matematyki wykorzystywana jest sieć komputerowa i Internet ?		
Tak	25	
Nie	4	
2. Jakie TIK są na wyposażeniu szkoły dla wspomagania nauczania matematyki uczniów z niepełnosprawnością wzroku:		
Sprzęt:		
laptopy	17	
tablety	4	
smartfony	4	
tablice interaktywne	16	
monitory interaktywne	4	
inne (jakie?)	1	<i>laptopy prywatne uczniów</i>
Oprogramowanie:		
do edycji formuł matematycznych	9	<i>LibreOffice, Inkscape</i>
do edycji grafiki matematycznej	11	<i>LibreOffice, Inkscape</i>
do druku wypukłego	9	
inne zastosowania (jakie?)	7	<i>do zapisu tekstu matematycznego Duxbury (translator tekstu na brajla)</i>
3. Uczniowie z niepełnosprawnością wzroku na lekcjach matematyki wykorzystują:		
laptopy (do czego?)	10	<i>Do wykonywania notatek, pisania treści i rozwiązywania zadań. Do sporządzania notatek i archiwizowania uzyskanych wiadomości, kart pracy i zadań z lekcji. Do wyszukiwania potrzebnych informacji w sieci, np. wykorzystują zasoby e-podręczników do matematyki. Pisanie, odczytywanie tekstów, rozwiązywanie zadań. Widzą zadania i problemy matem. w dużym powiększeniu i rozwiązują je. Do rozwiązywania zagadnień z matematyki. 2x (do sporządzania notatek i odczytywania ich, rozwiązywania testów).</i>

tablety (do czego?)	6	<i>Funkcja kalkulatora. Wykorzystują programy multimedialne np. Klik. Podręczniki w wersji multimedialnej. 2x (odczytywanie treści zadań w powiększeniu, przeglądania lekcji dostępnych w Internecie)</i>
smartfony (do czego?)	3	<i>Obliczenia, znajdowanie informacji. Do robienia zdjęć z pozyskanych na lekcjach materiałów lub do częściowego nagrania wypowiedzi czy wykładu nauczyciela (tylko za jego zgodą). Funkcja kalkulatora, robienie zdjęć z tablicy. 2x(Wykonywanie obliczeń na kalkulatorze, po wykonaniu zdjęcia treści zadania zapisanej w czarno druku - odczytania go w powiększeniu). 2x(odczytywanie treści zadań w powiększeniu, przeglądania lekcji dostępnych w Internecie)</i>
Uczniowie z niepełnosprawnością wzroku nie używają na lekcjach laptopów/tabletów/smartfonów	13	
4. Uczniowie widzący na lekcjach matematyki wykorzystują:		
laptopy (do czego?)	8	<i>Notatki, zadania od nauczyciela. Do sporządzania notatek i archiwizowania uzyskanych wiadomości, kart pracy i zadań z lekcji. Do wyszukiwania potrzebnych informacji w sieci, np. wykorzystują zasoby e-podręczników do matematyki. Do rozwiązywania zagadnień z matematyki. Do rysowania wykresów.</i>
tablety (do czego?)	7	<i>Quizy. Programy edukacyjne z serwisu matzoo.pl. 2x(Przeglądanie lekcji dostępnych w Internecie, korzystanie z kalkulatora).</i>
smartfony (do czego?)	5	<i>Quizy, funkcja kalkulatora. Do robienia zdjęć z pozyskanych na lekcjach materiałów lub do częściowego nagrania wypowiedzi czy wykładu nauczyciela (tylko za jego zgodą). Poszukiwania alternatywnych rozwiązań zadań i zagadnień. 2x (Przeglądanie lekcji dostępnych w Internecie, korzystanie z kalkulatora).</i>
Uczniowie widzący nie używają na lekcjach laptopów/tabletów/smartfonów	14	
5. Nauczyciele na lekcjach matematyki wykorzystują:		

laptopy (do czego?)	7	<i>Podręczniki multimedialne, przygotowanie zadań, notatek, testów. Do przedstawienia informacji uczniom w postaci prezentacji do lekcji, do zademonstrowania różnego rodzaju symulacji zjawisk. Do tworzenia pomocy. 2x(do tablicy interaktywnej), PREZI. Do wspomagania procesu nauczania. Prezentacje, filmy. Szczególnie w geometrii - zadania konstrukcyjne. Do prezentacji multimedialnych. Do wyświetlania treści e-podręczników. 2x(Połączenie z tablicą interaktywną i prezentowaniu na niej przykładów).</i>
tablety (do czego?)	4	<i>Przygotowanie i przeprowadzanie quizów. Do pokazu, korzystają z programów edukacyjnych. 2 x (Połączenie z tablicą interaktywną i prezentowaniu na niej przykładów).</i>
smartfony (do czego?)	5	<i>Obliczenia, znajdowanie informacji. Szybkie wyszukiwanie danych z Internetu w razie potrzeby skorzystania podczas lekcji z danych, które nie zostały przewidziane wcześniej. 2x(Tworzenie zadań z kodami QR)</i>
komputery PC (do czego?)	1	<i>Podłączone do tablicy interaktywnej</i>
Nauczyciele nie używają na lekcjach laptopów/tabletów/smartfonów	8	
6. Nauczyciele matematyki korzystają z TIK:		
do tworzenia kart pracy ucznia z zadaniami (jakim narzędziem TIK?)	26	<i>Office (Word, Excel), Internet. Różnym oprogramowaniem. 3x(Office 365, Geogebra), Paint, PlatMat NAUCZYCIEL, różne oprogramowanie z superkid.pl. 3x Laptopem. Tabletem. Edytor tekstu. 2x LibreOffice. 2x (thatquiz.org, Geogebra, animacje z platformy Scholaris – „Ambulans”, „Zabawa z lustrem”).</i>
do tworzenia grafiki matematycznej (jakim narzędziem TIK)	21	<i>Word, Corel, 4xGeogebra. Różnym oprogramowaniem. Paint. MS Office. 2x Laptopem. Edytorem grafiki. 2 x Arkuszem LibreOffice. 2 x (Geogebra, Paint, edytor grafiki w MS Word, Excel, Gimp)</i>
przy przesyłaniu do ucznia kart pracy i innych treści matematycznych (jakim narzędziem TIK?)	11	<i>Gmail, pamięć USB, email, Internet, 2x pocztą elektroniczną. 3xOffice 365. Laptopem. 2 x (ONE DRIVE, chmura).</i>
do tworzenia testów matematycznych (jakim narzędziem TIK?)	18	<i>Gotowce, MS Office (Word, Excel), laptopem, różnym oprogramowaniem, Paint, PlatMat NAUCZYCIEL. Serwis klasówki.pl. Drukarka (?). 2xLaptopem. Edytorem tekstu. LibreOffice. 2 x (thatquiz.org, Moodle).</i>
do tworzenia zadań arytmetycznych metodą pisemną (jakim narzędziem TIK?)	14	<i>Gotowce. Generator arkuszy superkid.pl. Laptopem. Edytorem tekstu, grafiki, MS Excel. 2 x LibreOffice. 2 x (arkusze na stronie superkid.pl)</i>

w innych sytuacjach (opisz sytuacje i używane TIK)	3	Do napisania i wydruku zadań wykorzystywanych podczas lekcji, kartkówek, sprawdzianów, prac klasowych, dodatkowych zadań domowych – Duxbury, rysunków matematycznych – proste to gotowe elementy w Wordzie, Corel. Tworzenie prezentacji. Nauka programowania/kodowania. Matematyczne dyktanda.
--	---	---

Tabela 16. Zestawienie danych z badań zastosowań TIK w edukacji matematycznej uczniów z niepełnosprawnością wzroku

Źródło: opracowanie własne

Pytania i wybór odpowiedzi	Liczba odpowiedzi	Zebrane odpowiedzi na pytania otwarte jaki/jakie/jakim? I do czego? (cytowane)
1. Czy na lekcjach matematyki są używane:		
tablica interaktywna	15	2x (eInstruction), Esprit DT, 2x SMART, Qomo, Hitachi
monitor interaktywny	2	
na lekcjach matematyki nie są używane tablice i monitory interaktywne	11	
2. Czy na lekcjach matematyki są używane przez uczniów:		
laptopy	10	1 x (osobiste uczniów)
tablety	5	
smartfony	7	
na lekcjach matematyki nie są używane przez uczniów laptopy, tablety, smartfony	12	Tylko PC (podłączony do tablicy interaktywnej)
3. Do czego jest używana tablica interaktywna lub monitor interaktywny w edukacji matematycznej uczniów z niepełnosprawnością wzroku?		
wyświetlanie treści zadań w powiększeniu	19	
wyświetlanie treści zadań kontrastowo	14	
rozwiązywanie testów:		
gestami dotykowymi	1	

z klawiatury QWERTY	1	
gestami dotykowymi lub z klawiatury QWERTY	3	
z klawiatury brajlowskiej	0	
pracy grupowej przy rozwiązywaniu zadań:		
uczniów słabowidzących	14	
uczniów niewidomych	1	
odtworzenie multimediiów	11	
inne zastosowania	2	<i>Do tworzenia, wyszukiwania i gromadzenia interaktywnych zasobów edukacyjnych. Interaktywne kodowanie.</i>
4. Wskaż pomocne funkcje z wykorzystaniem tablicy interaktywnej (lub monitora), przy założeniu wyposażenia nauczyciela i uczniów w sprzęt komputerowy:		
wyświetlanie na tablicy treści utworzonych na komputerze przez nauczyciela	22	
wyświetlanie na tablicy treści utworzonych na komputerze przez ucznia	19	
treści napisane na tablicy interaktywnej przesyłane do komputera ucznia i odczytywane przez ucznia	17	
testy wyświetlane:		
na tablicy interaktywnej	17	
przesyłane na komputery uczniów	13	
ranking wyników wyświetlany na tablicy	10	
rozwiązanie testu wybranego przez nauczyciela ucznia wyświetlane na tablicy	15	

Tabela 17. Zestawienie danych z badań zastosowań tablic i monitorów interaktywnych w edukacji matematycznej uczniów z niepełnosprawnością wzroku

Źródło: opracowanie własne

4.3.2.1.4 Analiza danych z badań zastosowania TIK w edukacji matematycznej uczniów z niepełnosprawnością wzroku

Infrastruktura sieciowa i skomputeryzowanie szkół

Szkoły mają w większości infrastrukturę sieciową i Internet, które wykorzystują na lekcjach matematyki. Dominującym sprzętem komputerowym, będącym na wyposażeniu szkół, wykorzystywanym na lekcjach matematyki są laptopy (17/29) i tablice interaktywne (16/29), rzadziej są wykorzystywane monitory interaktywne, które są sprzętem nowocześniejszym, ale i droższym (4/29). Jako oprogramowanie będące na wyposażeniu szkół zostało podane przez niektórych, nielicznych respondentów, LibreOffice i Inkscape. Oba programy używane są do edycji formuł i grafiki matematycznej. Oprogramowanie open source LibreOffice składa się z kilku aplikacji biurowych, wśród nich jest edytor formuł MATH, zaś oprogramowanie open source Inkscape umożliwia tworzenie grafiki wektorowej w formacie SVG i ma możliwość konwersji na wiele innych formatów. Dostosowany jest dobrze do tworzenia grafiki matematycznej i nanoszenia na niej symboli (np. symbolu kąta), dysponuje też polskimi „gotowcami” do prowadzenia lekcji. Podane zostało również, jako wyposażenie szkoły, oprogramowanie translatora brajlowskiego Duxbury (<https://www.duxburysystems.com/>), obsługującego wiele drukarek i wiele notacji brajlowskich, translującego dokumenty MS Word na zapis brajlowski.

Sprzęt i oprogramowanie wykorzystywane na lekcjach matematyki przez uczniów z niepełnosprawnością wzroku

Najwięcej odpowiedzi (13/29) wskazywało na nieużywanie na lekcjach matematyki żadnego rodzaju sprzętu komputerowego, ani laptopów, ani tabletów ani smartfonów. Ponad jedna trzecia uczniów używa laptopy (10/29), mniej są popularne na lekcjach tablety (6/29) i śladowo używane są na lekcjach matematyki smartfony (3/29).

Na laptopach uczniowie z niepełnosprawnością wzroku robią przede wszystkim notatki na lekcji oraz spisują zadania i karty pracy klasowe i/lub domowe, rozwiązują zadania, wyszukują informacje w Internecie, powiększają treści matematyczne, nad którymi pracują.

Tablety pełnią funkcje kalkulatora; służą do powiększania treści z tablicy; do przeglądania multimedialnych podręczników i lekcji w Internecie; do wykonywania atrakcyjnych wizualnie, multimedialnych programów edukacyjnych np. serii programów Klik uczy... (prod. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne) dla młodszych uczniów.

Nieczęsto używane na lekcjach matematyki smartfony służą do obliczeń jako kalkulatory; do wyszukiwania informacji i przeglądania lekcji w Internecie; nagrywania lekcji za zgodą nauczyciela; do fotografowania materiałów pomocniczych oraz treści z tablicy; do odczytywania ich w powiększeniu.

Sprzęt i oprogramowanie wykorzystywane na lekcjach matematyki przez uczniów widzących

Podobnie jak uczniowie z niepełnosprawnością wzroku, prawie połowa respondentów (14/29) twierdzi, że również uczniowie widzący nie korzystają ze sprzętu komputerowego na lekcjach matematyki, rzadziej niż uczniowie niepełnosprawni uczniowie widzący korzystają z laptopów

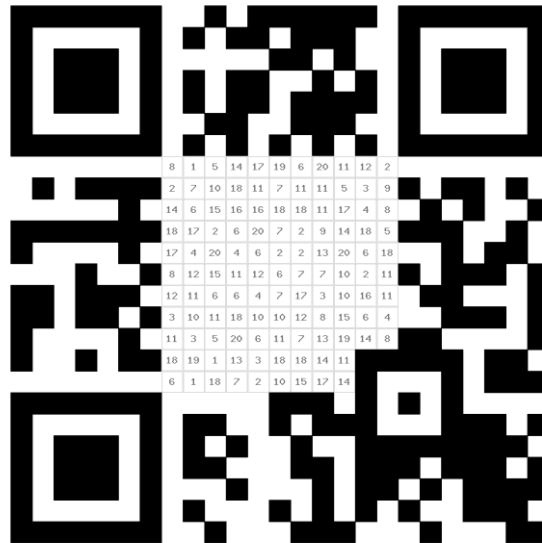
(7/29), co można uzasadnić tym, że laptop nie jest niezbędny dla widzających, by móc zanotować treści matematyczne. Nie jest, jak widać, zjawiskiem powszechnym wśród badanych widzających uczniów korzystanie z laptopa na lekcji matematyki. Odnotowano podobny poziom używalności tabletów (7/29), a jeszcze mniejszy smartfonów (5/29).

Laptopy używane są przez uczniów widzających do sporządzania notatek i archiwizowania wiadomości uzyskanych na lekcjach oraz zadań i kart pracy. Również rozwiązywanie zadań jest wspomagane laptopami. Przy pomocy laptopów uczniowie sięgają do e-podręczników i innych, potrzebnych do rozwiązywania zagadnień matematycznych, zasobów Internetu. Uczniowie wykonują również na nich wykresy funkcji.

Wykorzystywanie przez nauczycieli sprzętu komputerowego na lekcjach matematyki

Deklarowane w odpowiedziach wykorzystywanie sprzętu komputerowego przez nauczycieli w czasie lekcji matematyki jest mniejsze niż przez ich uczniów z niepełnosprawnością wzroku i widzających. Obraz ten - wykorzystywanie laptopów/tabletów/PC (łącznie 12/29) jest pozornie niespójny z wynikami badań dotyczących wykorzystywania tablic i monitorów interaktywnych, przedstawionymi dalej, które wskazują na większe wykorzystanie tablic i monitorów, bo przez przeszło połowę respondentów (17/29). Warto zauważyć jednak, że tablice i monitory interaktywne mogą być używane samodzielnie, bez podłączonych komputerów w przypadku, gdy korzysta się z ich oprogramowania wbudowanego np. prostych edytorów formuł lub w przypadku monitorów – oprogramowania uprzednio zainstalowanego lub dostępnego w systemie Windows 10 (preinstalowanym w monitorach interaktywnych).

Nauczyciele wykorzystują laptopy do tworzenia i wyświetlania uczniom na ekranach lub tablicach interaktywnych treści matematycznych, prezentacji multimedialnych i filmów edukacyjnych, jak również e-podręczników. Laptopy służą również do tworzenia i wyświetlania uczniom zadań konstrukcyjnych z geometrii. Podobne funkcje realizowane są przy pomocy tabletów, które mają dodatkowe, w stosunku do laptopów, a podobne do smartfonów, zastosowanie do obsługi zadań z QR kodami, ostatnio bardzo popularnych w edukacji, nie tylko matematycznej. Kamera wbudowana, zarówno w tabletach jak i smartfonach, wykorzystywana jest do odczytu QR kodu(ów), czytnikiem QR-kodów np. popularnym bezpłatnym czytnikiem QR Droid. Odczytywane QR-kody są tworzone przez generatory jako samodzielne pliki graficzne lub pdf. QR-kody są nanoszone na wydruk zadania lub instrukcję postępowania przy rozwiązywaniu zagadnienia matematycznego. Informacja, do której prowadzi QR-kod może być np. poprawnym rozwiązaniem lub następną częścią zadania. Rysunek 14 przedstawia przykład wykorzystania QR-kodu do zajęć matematycznych. Jest to kod niekompletny, do uzupełnienia przez ucznia poprzez zaczerpnienie pól zgodnie z liczbami będącymi wynikami obliczeń. Po uzupełnieniu pól, odczytany QR-kod prowadzi do następnej części zadania.



Rysunek 14. QR-kod do wypełnienia wynikami obliczeń

Źródło: <http://www.superbelfrzy.edu.pl>

Smartfony służą więc nauczycielowi do tworzenia zadań z QR-kodami, przede wszystkim do testowania poprawności konstrukcji zadania, zaś uczniom (słabowidzącym) do wykonania tego typu zadań. Oprócz tej funkcji smartfona, zasadniczo wykonywanej przez nauczyciela poza lekcją, smartfon służy nauczycielom do szybkiego wyszukiwania informacji potrzebnej w sposób niespodziewany na lekcji oraz do obliczeń na kalkulatorze smartfona.

TIK wykorzystywane przez nauczycieli matematyki uczniów z niepełnosprawnością wzroku

Tworzenie kart pracy ucznia wspomagane przez TIK

Tworzenie kart pracy jest wyraźnie procesem skomputeryzowanym (26/29). Najczęściej nauczyciele wskazywali na pakiet MS Office (Word i Excel) i bezpłatny program GeoGebra (producent GeoGebra Team na licencji GNU GPL). MS Word służy nauczycielom do tworzenia treści i formuł matematycznych, GeoGebra - do tworzenia rysunków obiektów geometrycznych i wykresów funkcji. Dodatkowo nauczyciele korzystają z zasobów Internetu dostępnych na portalach takich jak scholaris.pl oficjalny portal Ministerstwa Edukacji Narodowej z pomocami edukacyjnymi, m.in. ze wskazanymi w badaniach jako użyteczne animacjami Ambulans i Zabawa z lustrem, oraz na komercyjnym portalu superkid.pl z pomocami edukacyjnymi do wszystkich przedmiotów nauczania, w tym matematyki, dla młodszych uczniów w wieku do 10 lat.

Jedno wskazanie dotyczyło aplikacji PłatMat NAUCZYCIEL, co warto podkreślić, ponieważ aplikacja ta jest innowacją opracowaną przez IMM w ramach technologii wspomagającej

PlatMat, rozwijaną obecnie (2018 r.) przez NASK PIB. W aplikacji tej są 3 edytory formuł oraz edytor prostych testów wielokrotnego wyboru.

Nauczyciele wskazali portal thatquiz.org/pl/w w wersji polskiej, jako narzędzie do budowy testów matematycznych, które umożliwia ich drukowanie i kopiowanie do pliku, co jest przydatne do tworzenia kart pracy. Portal również daje możliwość budowy i przeprowadzania testów online, co może mieć zastosowanie na lekcji np. dla jej zdynamizowania (dla uczniów słabowidzących). Warto zauważyć, że portali do tworzenia i przeprowadzania testów matematycznych, z których korzystają nauczyciele matematyki, jest kilka np. prezentowany na III Ogólnopolskim Kongresie dla Nauczycieli Matematyki komercyjny portal testportal.pl, dający po wykonaniu testu statystyki wyników. Jednak w naszych badaniach przez nauczycieli uczących uczniów niepełnosprawnych wzrokowo został wskazany portal thatquiz.org.

Tworzenie grafiki matematycznej wspierane przez TIK nauczyciele deklarowali w dość znacznym stopniu (21/29). Narzędzia tworzenia grafiki matematycznej to przede wszystkim GeoGebra. Poza nią nauczyciele używają programu Gimp (open source na licencji GPL), komercyjnego pakietu CorelDraw (prod. Corel Corp.). Korzystają również z prostych narzędzi graficznych łatwo dostępnych w MS Windows np. Paint i w pakiecie biurowym LibreOffice, oferujących podstawowe funkcje graficzne.

Dostarczanie elektronicznych kart pracy lub zadań, o ile ma miejsce, wykonywane jest stosunkowo rzadko (11/29) na 4 sposoby:

- pocztą elektroniczną (najczęstsze wskazanie);
- poprzez chmurę („by name” wskazano OneDrive);
- przez pendrive;
- pakietem MS Office 365 (i towarzyszącym mu MS Exchange i MS SharePoint).

Tworzenie testów wspierane przez TIK deklarowane było w znacznie powyżej połowy odpowiedzi (18/29). Do tworzenia testów nauczyciele wykorzystują dużą różnorodność narzędzi, w większości określonych ogólnie („gotowce”, „różnym oprogramowaniem”, „laptopem”). W sposób identyfikowalny podane zostały portale thatquiz.pl i klasowki.pl, platforma e-learningowa (LMS) Moodle oraz pakiety biurowe MS Office i LibreOffice. Po jednym wskazaniu otrzymały Paint i PlatMat NAUCZYCIEL.

W prawie połowie odpowiedzi (14/29) respondenci twierdzili, że korzystają z TIK w nauczaniu działań arytmetycznych sposobem pisemnym. Jako narzędzie wspierające głównie są używane arkusze tworzone generatorem arkuszy SuperKid oraz arkusze z pakietów biurowych MS Office i LibreOffice. Pozostałe odpowiedzi nie identyfikowały używanych narzędzi.

Narzędzia wspomagające TIK używane w innych sytuacjach niż przewidziane w pytaniach ankietowych (3/29) to translator Duxbury tekstu MS Word na zapis brajlowski dla drukowania wypukłego treści matematycznych (kart pracy, zadań, kartkówek, sprawdzianów) w notacji brajlowskiej.

4.3.2.1.5 Analiza danych z badań zastosowania tablic i monitorów interaktywnych w edukacji matematycznej uczniów z niepełnosprawnością wzroku

w ponad połowie badanych szkół (17/29) nauczyciele wykorzystują na lekcji matematyki tablice i monitory interaktywne. Zdecydowana większość z nich (15/17) używa tablic interaktywnych. Tylko w dwóch przypadkach wskazano monitory interaktywne, co jest zgodne z potwierdzonymi badaniami stanem wyposażenia sprzętowego szkół i odnotowaną zdecydowaną przewagą liczebności tablic interaktywnych. Szkoły, w których nauczyciele nie stosują sprzętu interaktywnego typu tablica/monitor podczas zajęć z matematyki stanowią znaczną grupę, blisko jedną trzecią (11/29) wśród badanych.

Wyposażenie uczniów na lekcjach matematyki w sprzęt typu: laptopy, tablety, smartfony jest zróżnicowane. W dużej części badanych szkół (12/29) uczniowie w ogóle nie używają na lekcjach matematyki żadnego sprzętu informatycznego. W pozostałych placówkach objętych badaniami najczęściej używane są laptopy - (10/29), rzadziej smartfony - (7/29) i tablety - (5/29).

Najczęściej deklarowanym zastosowaniem tablic i monitorów interaktywnych w edukacji matematycznej uczniów z dysfunkcją wzroku jest wyświetlanie treści zadań w powiększeniu dla słabowidzących – (19/29) z odpowiednim uwydatnieniem różnic między barwami, czyli kontrastem - (14/29) oraz praca grupowa, ukierunkowana w zdecydowanej większości na uczniów słabowidzących – (14/29). Udział uczniów niewidomych w pracy grupowej na lekcji z zastosowaniem urządzeń interaktywnych jest znikomy - tylko jeden nauczyciel wskazał na tego typu aktywność w swojej szkole. Popularnym zastosowaniem tablic jest też odtwarzanie na nich plików multimedialnych (11/29).

Wyniki badań potwierdziły niewielkie wykorzystanie tablic i monitorów interaktywnych w obszarze rozwiązywania testów. Tylko (5/29) nauczycieli zadeklarowało prowadzenie testów metodą interaktywną za pomocą gestów dotykowych lub klawiatury QWERTY. Warto odnotować, że w żadnej szkole testy nie są rozwiązywane brajlem z użyciem klawiatury brajlowskiej. Ponadto nauczyciele potwierdzili wykorzystanie tablic i monitorów interaktywnych do tworzenia, wyszukiwania i gromadzenia multimedialnych zasobów edukacyjnych, a także do prowadzenia lekcji interaktywnego kodowania.

Opinie badanych, dotyczące wskazania pomocnych funkcji w nauczaniu matematyki z wykorzystaniem tablicy interaktywnej koncentrowały się w zdecydowanej większości na wyświetlaniu na tablicy treści utworzonych na komputerze przez nauczyciela - (22/29) oraz treści utworzonych na komputerze przez ucznia (19/29). Za istotne uznano również przesyłanie treści zapisanych na tablicy interaktywnej do komputera ucznia wraz z możliwością ich odczytu zarówno przez ucznia słabowidzącego jak i niewidomego - (17/29). Nauczyciele wskazali także na potrzebę wsparcia obsługi testów przy użyciu tablicy interaktywnej, w szczególności:

- wyświetlania ich na tablicy (17/29);
- przesyłania na komputery uczniów (13/29);
- wyświetlania na tablicy rankingów wyników uzyskanych przez uczniów (10/29);
- wyświetlania na tablicy rozwiązania testu z komputera ucznia wybranego przez nauczyciela (15/29).

W pracy dydaktycznej z uczniami z dysfunkcją wzroku z wykorzystaniem tablicy interaktywnej byłaby przydatna również funkcja automatycznej korekty odręcznego napisanego na tablicy tekstu przez ucznia słabowidzącego, z uwagi na zniekształcone pismo, które jest bardzo często nieczytelne zarówno dla nauczyciela jak i dla samego ucznia oraz pozostałych kolegów w klasie. Ułatwieniem dla nauczycieli byłoby też stronicowanie treści tworzonych na tablicy w czasie lekcji, by można je było przewijać, zaznaczać i podkreślać fragmenty tekstu istotne dla rozwiązania zadania. Oprócz tego, nauczyciele wskazywali na potrzebę wyświetlania fragmentów podręcznika dla uczniów słabowidzących w powiększeniu, jak również e-podręczników.

4.3.3 Wnioski z badań stosowania TIK w edukacji matematycznej.

Zgodnie z wynikami poprzednich badań z 2014 r. nauczyciele są otwarci na informatyzację procesu nauczania i można stwierdzić, że są w pełni zainformatyzowani w zakresie przygotowywania materiałów na lekcje matematyki. Wniosek ten można wysnuć pośrednio na podstawie deklarowanych narzędzi TIK stosowanych do tworzenia materiałów na lekcje. Tworzenie kart pracy ucznia przy pomocy narzędzi TIK zadeklarowali prawie wszyscy nauczyciele (26/29), co, przy niskim udziale komputerów nauczycielskich na lekcjach matematyki (12/29), jest wynikiem wysokiego stopnia skomputeryzowania nauczycieli w domu. Przy pomocy preferowanych przez siebie narzędzi TIK nauczyciele przygotowują karty pracy ucznia, zadania i testy. Korzystają zarówno z narzędzi zainstalowanych na swoich komputerach (MS Office, Paint, LibreOffice, GeoGebra, PlatMat NAUCZYCIEL) jak i z zasobów internetowych dostępnych na portalach. Z portali nauczyciele pobierają gotowe materiały np. uatrakcyjniające lekcje animacje lub tworzą testy. Problemem pozostaje skomputeryzowanie nauczycieli i wszystkich uczniów w klasie na lekcji matematyki, bez czego wymiana treści matematycznych i informacji między nauczycielem i uczniami oraz zwiększona dostępność pomocy nauczyciela na lekcji i poza lekcją nie są możliwe.

Z zebranych danych wynika, że urządzenia interaktywne typu tablica/monitor znajdują zastosowanie w edukacji matematycznej uczniów z dysfunkcją wzroku przede wszystkim w odniesieniu do uczniów słabowidzących i są używane głównie do wyświetlania treści zadań w powiększeniu oraz do pracy grupowej tych uczniów. Uczniowie niewidomi są głównie odbiorcami dźwięku odtwarzanych na tablicy multimediiów. Wraz z tablicami interaktywnymi jest dostarczane oprogramowanie edukacyjne, które posiada funkcjonalność dedykowaną dla potrzeb matematyki. Pozwala ono m.in. tworzyć rysunki i pisać formuły matematyczne. Treści znajdujące się na tablicy mogą być następnie eksportowane do plików różnego formatu, w tym HTML. Niestety, zarówno rysunki jak i formuły zapisane w plikach HTML, są obrazami (PNG, JPG), a nie obiektami strukturalnymi zapisanymi w formacie MathML (formuły) lub formacie SVG (grafika wektorowa), co oznacza, że są one niedostępne dla ucznia niewidomego. Utworzona w ten sposób notatka z lekcji może być przydatna uczniowi niewidomemu jedynie w ograniczonym zakresie.

Odnotowane, ograniczone zastosowanie urządzeń interaktywnych do obsługi testów matematycznych, nie obejmuje uczniów posługujących się brajlem. Nauczyciele nie potwierdzili wykorzystania urządzeń brajlowskich np. klawiatury brajlowskiej do

rozwiązywania testów na tablicy interaktywnej, natomiast deklarowali obsługę gestami oraz za pomocą klawiatury QWERTY.

Uczeń niewidomy pozbawiony jest możliwości precyzyjnego, odręcznego zapisu treści na tablicy interaktywnej, a grafika i formuły tworzone przez nauczyciela lub uczniów słabowidzących na tablicy interaktywnej nie są dla niego dostępne. Przez to nie jest on w stanie być w pełni aktywnym uczestnikiem lekcji wspomaganą interaktywną tablicą. Ta niekomfortowa sytuacja ucznia niewidomego może być jedną z przyczyn ograniczających stosowanie sprzętu interaktywnego w edukacji matematycznej uczniów z dysfunkcją wzroku. W mniejszym stopniu dotyczy to klas jednorodnych, do których uczęszczają tylko uczniowie słabowidzący, w większym - klas mieszanych, obejmujących grupę uczniów słabowidzących i niewidomych. Rozwiązaniu tego problemu nie sprzyja także niski poziom z informatyzowania uczniów na lekcjach matematyki. Choć najczęściej używanym sprzętem na lekcjach matematyki są laptopy, w tym te będące na wyposażeniu szkoły oraz prywatne, to jednak nadal poziom ich wykorzystania jest dalece niewystarczający.

Uczniowie otrzymują materiały przygotowane przez nauczycieli w formie drukowanej. Materiały dla uczniów słabowidzących są drukowane w powiększeniu, zaś brajlowskie wydruki kart pracy są otrzymywane po ich przekonwertowaniu za pomocą programu Duxbury na zapis brajlowski, a następnie drukowane. Wydruki tyflograficzne z grafiką matematyczną związaną z zadaniami są drukowane albo na drukarkach brajlowskich (np. ViewPlus), albo coraz bardziej popularną technologią – druk czarny grafiki na papierze puchnącym, a następnie wygrzewanie na wygrzewarce. Różnica w cenie drukarki ViewPlus i wygrzewarki jest ok. 10-krotna, stąd popularność papieru puchnącego.

Można powiedzieć, że mamy skomputeryzowany i z informatyzowany proces przygotowywania materiałów matematycznych, ale nie proces nauczania na lekcji. Brakuje narzędzi TIK wspierających zwłaszcza na bieżąco pracę ucznia niewidomego nad zadaniami matematycznymi, pracującego dotąd na lekcjach matematyki na sprzęcie brajlowskim (brajlery, notatniki brajlowski, które nie są wyposażane w narzędzia TIK wspomagające operowanie na treściach matematycznych).

Uczniowie słabowidzący korzystają z czterech rodzajów wsparcia na lekcjach:

- są w stanie korzystać przy powiększeniu zawartości ekranu z edytora równań dostępnego w MS Word i robić notatki w tym edytorze;
- korzystają z materiałów drukowanych powiększoną czcionką oraz z monitorów powiększających materiał drukowany lub zeszyt ucznia, również w trakcie pisania w zeszycie przez ucznia;
- mają, chociaż nieczęsto, elektroniczne powiększalniki treści, zdejmowanej kamerą z tablicy;
- korzystają z telefonów komórkowych w celu powiększania lub utrwalania na zdjęciu treści z tablicy lub podręczników, a następnie wyświetlają je w powiększeniu.

Tego rodzaju wsparcie jest jednak niewystarczające ze względu na duże zróżnicowanie poziomu niepełnosprawności wzroku wśród uczniów słabowidzących, wymagających często technik i narzędzi wsparcia stosowanych dla uczniów niewidomych np. odczyt treści matematycznej mową syntetyczną, możliwość nawigacji po strukturze formuły z jednoczesnym odczytem głosem elementów formuły.

Pozostaje problem intensywniejszego włączenia TIK do wspierania uczniów na lekcjach matematyki, co, wydaje się, wymaga systemowych rozwiązań ze względu na potrzebę:

- komputeryzacji pracowni matematycznych, o ile są wydzielone w szkołach;
- wyposażenia uczniów w laptopy;
- szkoleń zarówno nauczycieli jak i uczniów z zakresu wspierających TIK;
- wprowadzania TIK do matematycznej edukacji na wczesnych poziomach nauczania, którą to potrzebę sami uczniowie artykułowali w badaniach (omówionych we wcześniejszej części opracowania).

4.3.4 Ocenianie i egzaminowanie

Informacje ogólnopolskie o egzaminach gimnazjalnych i maturalnych

Informacje na temat egzaminowania i oceniania uczniów z dysfunkcją wzroku zebrano na podstawie sprawozdań Centralnej Komisji Egzaminacyjnej w Polsce (CKE) dot. wyników egzaminów gimnazjalnych i maturalnych z ostatnich lat [48] [49] [50] [51] [52] [53] [54] oraz na podstawie opracowań eksperckich nauczycieli matematyki z jednego, przykładowego Specjalnego Ośrodka Szkolno- Wychowawczego dla Dzieci Niewidomych i Słabowidzących, wykonanych na zlecenie NASK PIB.

Matematyka jest obowiązkowym przedmiotem na egzaminie gimnazjalnym i maturalnym. Na egzaminie gimnazjalnym z zakresu matematyki oceniany jest poziom opanowania przez gimnazjalistów umiejętności zapisanych w podstawie programowej z matematyki dla II i III etapu edukacyjnego. Na egzaminie maturalnym sprawdza się, w jakim stopniu abiturient spełnia wymagania z matematyki w zakresie określonym podstawą programową kształcenia ogólnego dla IV etapu edukacyjnego, niemniej jednak wybrane zadania zestawu egzaminacyjnego mogą, w myśl zasady kumulatywności przyjętej w podstawie, odnosić się do wymagań etapów wcześniejszych (I, II oraz III).

Obowiązkowy egzamin gimnazjalny z matematyki uczniowie zdają wyłącznie na poziomie podstawowym. Wynik egzaminu gimnazjalnego nie wpływa na ukończenie szkoły i nie jest odnotowywany na świadectwie ukończenia szkoły, natomiast jest brany pod uwagę w procesie rekrutacyjnym do szkół ponadgimnazjalnych.

Egzamin maturalny z matematyki, jako przedmiotu obowiązkowego, jest zdawany na poziomie podstawowym. Jeśli matematyka została wybrana przez ucznia jako przedmiot dodatkowy, egzamin jest zdawany również na poziomie rozszerzonym.

Obowiązująca podstawa programowa z matematyki na wszystkich poziomach edukacji jest taka sama dla uczniów bez dysfunkcji jak i z dysfunkcją wzroku. W związku z tym, wszystkie arkusze egzaminacyjne z matematyki zawierają taki sam zestaw zadań jak arkusz standardowy, lecz w formie dostosowanej do rodzaju niepełnosprawności ucznia, posiadającego orzeczenie o potrzebie kształcenia specjalnego wydane ze względu na niepełnosprawność.

Uczniowie słabowidzący otrzymują arkusze z dostosowaną wielkością czcionki (odpowiednio Arial 16 pkt i Arial 24 pkt) oraz uproszczonymi i powiększonymi formami graficznymi. Dla uczniów niewidomych przygotowywany jest arkusz w brajlu z rysunkami wypukłymi. Od 2016 roku rysunki dla niewidomych, oprócz tego, że są umieszczone w treści arkusza, są do niego dołączane w postaci oddzielnej broszury.

Procedura egzaminacyjna obejmuje też dostosowanie warunków przeprowadzania egzaminu celem zminimalizowania ograniczeń wynikających z niepełnosprawności ucznia. Polega ono m.in. na: wykorzystaniu odpowiedniego sprzętu specjalistycznego (maszyny do pisania pismem Braille'a, specjalnie dostosowanego komputera, kubarytmów, folii z przyborami do rysowania, przyborów optycznych), zapewnieniu słabowidzącym dodatkowego oświetlenia, przedłużeniu czasu na przeprowadzenie egzaminu o 30 minut, a także zapewnieniu obecności i pomocy w czasie egzaminu nauczyciela wspomagającego ucznia przy odczytywaniu poleceń i tekstów i/lub przy zapisywaniu odpowiedzi zdającego na kartkach dołączonych do czarnodruku. Jeżeli zdający korzysta z pomocy nauczyciela wspomagającego, przebieg egzaminu musi być rejestrowany za pomocą urządzenia zapisującego dźwięk. Zapis dźwiękowy stanowi integralną część arkusza egzaminacyjnego. Taki sposób zdawania egzaminu przeznaczony jest dla uczniów, którzy np. stracili wzrok lub znacznie się on pogorszył w trakcie nauki w szkole ponadpodstawowej i nie opanowali technik brajlowskich na poziomie pozwalającym im na samodzielną pracę z arkuszem.

Na egzaminach z matematyki uczniowie niepełnosprawni wzrokowo w większości nie korzystają z komputera, choć zdarzają się pojedyncze przypadki, kiedy tego rodzaju wsparcie jest stosowane.

Przykładowy arkusz standardowy z matematyki na egzaminie gimnazjalnym w 2017 roku zawierał 23 zadania, w tym 20 zadań zamkniętych i 3 zadania otwarte. Wśród zadań zamkniętych większość stanowiły zadania wielokrotnego wyboru, w których należało wybrać jedną z podanych odpowiedzi, w pięciu zadaniach typu prawda-fałsz - ocenić prawdziwość zdań, a w jednym - odpowiedzieć na pytanie i wskazać poprawne uzasadnienie. Zadania otwarte wymagały od gimnazjalistów samodzielnego formułowania rozwiązania. W zadaniach wykorzystano tabelę, rysunki i wykresy.

Maturalny arkusz egzaminacyjny składa się z trzech grup zadań:

- Grupa I zawiera zadania zamknięte. Dla każdego z tych zadań są podane cztery odpowiedzi, z których tylko jedna jest poprawna. Zdający wskazuje właściwą odpowiedź na karcie odpowiedzi. Każde zadanie z tej grupy jest punktowane w skali 0-1.
- Grupa II zawiera zadania otwarte krótkiej odpowiedzi. Zdający podaje krótkie uzasadnienie swojej odpowiedzi. Zadania z tej grupy punktowane są w skali 0-2.
- Grupa III zawiera zadania otwarte rozszerzonej odpowiedzi. Zadania te wymagają starannego zaplanowania strategii rozwiązania oraz przedstawienia sposobu rozumowania i są punktowane w skali 0-4, 0-5 albo 0-6.

Przykładowy, maturalny arkusz egzaminacyjny z matematyki na poziomie podstawowym w 2017 r. składał się z 25 zadań zamkniętych wielokrotnego wyboru oraz 9 zadań otwartych, w tym 6 zadań krótkiej odpowiedzi i 3 zadań rozszerzonej odpowiedzi. Zadania sprawdzały

wiadomości oraz umiejętności opisane w pięciu obszarach wymagań ogólnych podstawy programowej matematyki:

- wykorzystanie i tworzenie informacji (5 zadań zamkniętych);
- wykorzystanie i interpretowanie reprezentacji (14 zadań zamkniętych i 1 zadanie otwarte krótkiej odpowiedzi);
- modelowanie matematyczne (5 zadań zamkniętych, 3 zadania otwarte krótkiej odpowiedzi);
- użycie i tworzenie strategii (1 zadanie zamknięte, 3 zadania otwarte rozszerzonej odpowiedzi);
- rozumowanie i argumentacja (2 zadania otwarte krótkiej odpowiedzi).

Arkusze egzaminacyjne z matematyki są w coraz większym stopniu zuniwersalizowane i tylko w niewielkim zakresie wymagają adaptacji zadań dostosowanych do potrzeb zdających z dysfunkcją wzroku. W latach 2015-2017 w arkuszach maturalnych z matematyki na poziomie podstawowym, obejmujących po 34 zadania każdy, dokonano zmian adaptacyjnych jedynie w 9-ciu zadaniach. Polegały one m.in. na:

- usunięciu rysunku i zastąpieniu go opisem słownym;
- uproszczeniu rysunków:
 - przeniesieniu wartości kątów umieszczonych na rysunku do treści zadania i zastąpieniu ich na rysunku symbolami;
 - zastąpieniu rysunku rzutu walca jego przekrojem;
- uzupełnieniu treści zadania o dodatkowe dane - do istniejącego wykresu funkcji kwadratowej dodano tabelę jej wartości dla wybranych argumentów;
- zastąpieniu ułamków zwykłych w treści zadania ułamkami w postaci dziesiętnej.

Prace egzaminacyjne uczniów niewidomych i słabowidzących są oceniane według tych samych kryteriów co uczniów bez dysfunkcji.

Uczniowie	2017	2016	2015
słabowidzący i niewidomi	795	764	733

Tabela 18. Uczniowie rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych na egzaminie gimnazjalnym z matematyki

Źródło: Opracowanie własne na podstawie sprawozdań CKE [48] [49] [50]

Z zebranych danych GUS (patrz Tabela 19) wynika, że liczba uczniów z dysfunkcją wzroku w szkołach ponadgimnazjalnych w Polsce w roku szkolnym 2015/2016 wzrosła o 12% w stosunku do roku szkolnego 2013/2014. Dane w Tabela 20 pokazują podobny wzrost, o 13%, liczby niepełnosprawnych uczniów w klasach maturalnych, co może oznaczać, że uczniowie kontynuują edukację w szkołach ponadgimnazjalnych aż do matury. Raporty GUS nie podają szczegółowych danych statystycznych dotyczących abiturientów w podziale na rodzaj dysfunkcji, w tym dysfunkcję wzroku, lecz odnoszą się do ogółu niepełnosprawnych (Tabela 20). Na podstawie danych CKE zawartych w Tabela 21 wiadomo, że w tym samym badanym okresie 3-ech lat szkolnych liczba uczniów z dysfunkcją wzroku przystępujących do matury wzrosła o 11%, jednak z uwagi na brak szczegółowych danych, nie można określić, jaki był udział zdających maturę w grupie abiturientów z dysfunkcją wzroku. Informacje na ten temat, na przykładzie danych z jednego SOSW, przedstawiono w dalszej części opracowania.

Typ szkoły	Rok szkolny 2015/2016		Rok szkolny 2014/2015		Rok szkolny 2013/2014	
	niewidomi	słabowidz.	niewidomi	słabowidz.	niewidomi	słabowidz.
Licea ogólnokształcące	17	495	11	424	16	415
Specjalne licea ogólnokształcące	31	124	34	128	40	151
Technika	5	408	4	322	3	269
Specjalne technika	35	153	37	157	45	196
Razem w szkołach ponadgimnazjalnych	88	1180	86	1031	104	1 031

Tabela 19. Uczniowie niewidomi i słabowidzący w szkołach ponadgimnazjalnych ogólnodostępnych i specjalnych w Polsce

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportów GUS [55] [56] [57]

Typ szkoły	Niepełnosprawni abiturienti		
	Rok szkolny 2015/2016	Rok szkolny 2014/2015	Rok szkolny 2013/2014
Licea ogólnokształcące	1 272	1 175	1 037
Specjalne licea ogólnokształcące	321	351	273
Technika	248	232	253
Specjalne technika	75	50	128
Razem w szkołach ponadgimnazjalnych	1 916	1 808	1 691
Razem w liceach	1593	1526	1310
Razem w technikach	323	282	381

Tabela 20. Niepełnosprawni abiturienti w szkołach ponadgimnazjalnych ogólnodostępnych i specjalnych w Polsce

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportów GUS [55] [56] [57]

Egzamin z matematyki	Uczniowie	Rok szkolny 2015/2016	Rok szkolny 2014/2015	Rok szkolny 2013/2014
poziom podstawowy	słabowidzący	348	303	310
	niewidomi	25	19	25
	pozostali	738	622	667
poziom rozszerzony	słabowidzący	63	41	33
	niewidomi	3	3	3

	pozostali	173	124	81
Razem poziom podstawowy	niepełnosprawni ogółem	1111	944	1002
Razem poziom rozszerzony	niepełnosprawni ogółem	239	168	117

Tabela 21. Uczniowie rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych na egzaminie maturalnym z matematyki

Źródło: Opracowanie własne na podstawie sprawozdań CKE [51] [52] [53]

	Rok szkolny 2015/2016	Rok szkolny 2014/2015	Rok szkolny 2013/2014
Typ szkoły	Niepełnosprawni absolwenci		
Licea ogólnokształcące	652	629	515
Specjalne licea ogólnokształcące	94	93	102
Technika	182	139	118
Specjalne technika	38	31	29
Razem w szkołach ponadgimnazjalnych	966	892	764

Tabela 22. Niepełnosprawni absolwenci, którzy otrzymali świadectwo dojrzałości, w szkołach ponadgimnazjalnych ogólnodostępnych i specjalnych w Polsce

Źródło: opracowanie własne na podstawie raportów GUS [55] [56] [57]

Z danych CKE w Tabeli 21 wynika, że grupa niewidomych i słabowidzących maturzystów w badanym okresie stanowi ok. 33% wszystkich uczniów rozwiązujących zadania na arkuszach dostosowanych na obowiązkowym egzaminie z matematyki. Nie każdy rodzaj niepełnosprawności wymaga dostosowania arkusza maturalnego, pewna część uczniów niepełnosprawnych korzysta na maturze z arkusza standardowego, dlatego dane w Tabeli 21 mogą nie obejmować wszystkich uczniów niepełnosprawnych, zdających maturę w danym roku szkolnym. Porównanie informacji GUS, dotyczących niepełnosprawnych abiturientów, z danymi CKE odnośnie liczby niepełnosprawnych zdających maturę na arkuszach dostosowanych pozwala stwierdzić, że w latach 2014-2016 ponad połowa (56%) ogółu niepełnosprawnych abiturientów przystąpiła do egzaminu maturalnego, a 85% uczniów w tej grupie uzyskało wynik pozytywny i otrzymało świadectwo dojrzałości. Z uwagi na możliwe niedoszacowanie liczby niepełnosprawnych maturzystów w sprawozdaniach CKE, o czym wspomniano powyżej, współczynnik uczniów niepełnosprawnych przystępujących do matury może być wyższy, a faktyczny poziom zdawalności egzaminu - niższy.

Tylko nieliczni maturzyści z dysfunkcją wzroku przystępują do egzaminu maturalnego z matematyki w formule rozszerzonej, co pokazują dane w Tabeli 21. Udział zdających w formule rozszerzonej w obu grupach jest podobny - niewidomych - średnio 13% w latach

2014-2016, oraz słabowidzących – średnio 14% w tym samym okresie. Przyczyną niskiego zainteresowania tym poziomem egzaminu jest konieczność osiągnięcia przez ucznia wyższego poziomu kompetencji matematycznych, w czym niepełnosprawność wzroku tworzy dużą barierę.

Szczegółowe informacje o egzaminach maturalnych na przykładzie wybranego SOSW

W wymienionych sprawozdaniach CKE nie ma informacji o zdawalności egzaminów gimnazjalnych i egzaminów maturalnych przez uczniów z dysfunkcją wzroku, co leży w zakresie zainteresowań autorów opracowania. Są to mało dostępne dane. Również trudno jest pozyskać dane dotyczące stosowania wspierających narzędzi TIK przez uczniów z dysfunkcją wzroku na egzaminach maturalnych. Dla uzyskania minimalnej orientacji autorów i czytelników opracowania w tym zakresie wiedzy, przynajmniej na podstawie przykładowych danych, NASK PIB w maju 2018 r. zlecił ekspertom z jednego z największych specjalnych ośrodków pod względem liczby szkół¹³ i uczniów, dwa opracowania. Jedno opracowanie dotyczyło analizy dostępności zadań maturalnych z lat 2015-2017 i możliwości wsparcia ucznia na egzaminie maturalnych przez TIK¹⁴. Drugie opracowanie stanowiło koreferat do wniosków i rekomendacji CKE z egzaminów maturalnych w latach 2015-2017¹⁵ w świetle doświadczeń SOSW.

Egzamin z matematyki	Uczniowie	2017	2016	2015
Poziom podstawowy	słabowidzący	21	10	7
	niewidomi	3	5	6
poziom rozszerzony	słabowidzący	2	0	1
	niewidomi	0	0	0

Tabela 23. Uczniowie technikum rozwiązujący zadania w arkuszach dostosowanych na egzaminie maturalnym z matematyki w przykładowym SOSW dla Dzieci Niewidomych i Słabowidzących

Źródło: Opracowanie własne

¹³ Ośrodek obejmuje: Szkołę Podstawową, Oddziały Gimnazjalne, Technikum, Szkołę Branżową, Szkołę Przystosowaną do Pracy, Szkołę Policealną, Liceum dla Dorosłych, Szkołę Muzyczną I stopnia

¹⁴ „Analiza problemów dostępności zadań maturalnych z matematyki, poziomu podstawowego i rozszerzonego z ostatnich 3 lat, adaptowanych pod względem formy (bez zmiany treści) oraz zadań zastępczych (ze zmienioną treścią) dla uczniów niewidomych i słabowidzących oraz ocena możliwości wsparcia ich przez TIK.”

¹⁵ „Koreferat do wniosków i rekomendacji zawartych w sprawozdaniach CKE z egzaminu maturalnego z matematyki z ostatnich 3 lat dotyczący wyników uczniów a) niewidomych, b) słabowidzących na podstawie egzaminów maturalnych poziomu podstawowego i poziomu rozszerzonego w SOSW”

Do egzaminu końcowego w latach 2015-2017 w SOSW przystąpiło ogółem 62% uczniów niewidomych i słabowidzących z klas maturalnych, przy zaobserwowanej nieznacznej przewadze w grupie uczniów niewidomych (64%) w stosunku do słabowidzących (60%).

Zdawalność egzaminu z matematyki w SOSW w 2015 r. wyniosła 54% i była o 16 punktów procentowych niższa niż zdawalność w technikach w całej Polsce. W 2016 r. wyniosła ona 47% i była niższa o 28 punktów procentowych od poziomu zdawalności w technikach w całej Polsce. W kolejnym, 2017 roku, uzyskano zdawalność na poziomie 72%, tylko nieznacznie niższą od średniej zdawalności matury z matematyki w technikach w całej Polsce, wynoszącej 79%.

Średni wynik egzaminu maturalnego z matematyki w SOSW w 2015 r. wyniósł 44%, podczas gdy w całej Polsce zdający otrzymali średnio o 1 punkt procentowy mniej, czyli 43%. Najlepsi uczniowie uzyskali wysokie wyniki na poziomie 80%, 92% i 94%. W kolejnym, 2016 r. średni wynik w SOSW wynosił 34%, podczas gdy w całej Polsce zdający w technikach otrzymali średnio o 12 punktów procentowych więcej, czyli 46%. W 2017 r. średni wynik egzaminu maturalnego z matematyki w SOSW wyniósł 40%, był więc o 6 punktów proc. wyższy od średniego wyniku w SOSW z 2016 roku i o 5 punktów proc. niższy od średniego wyniku dla wszystkich techników w Polsce, który wyniósł 45%.

Zdaniem nauczycieli, zarówno liczba uczniów przystępujących do matury jak i stopień zdawalności tego egzaminu w poszczególnych latach są różne i zależą w dużym stopniu od zdolności intelektualnych uczniów, ich wkładu pracy i zaangażowania w naukę, a także ogólnego stanu zdrowia, mającego wpływ na systematyczny udział w zajęciach szkolnych.

W ciągu ostatnich trzech lat w SOSW tylko dwaj uczniowie słabowidzący skorzystali na egzaminie maturalnym ze wsparcia TIK. W pierwszym przypadku uczeń samodzielnie odczytywał w powiększeniu na ekranie komputera treść arkusza umieszczonego pod powiększalnikiem podłączonym do komputera, a następnie rozwiązywał go ręcznie i zapisywał wyniki długopisem na karcie odpowiedzi. W drugim przypadku uczeń miał dostosowany arkusz egzaminacyjny w wersji elektronicznej w formacie PDF i korzystał z pomocy nauczyciela wspomagającego w czytaniu i pisaniu. Podczas czytania treści zadań przez nauczyciela uczeń jednocześnie śledził je na ekranie komputera. Warto podkreślić, że w żadnym z tych przypadków komputer nie służył uczniowi do zapisu rozwiązań zadań w formie elektronicznej, a jedynie wspomagał go w odczycie arkusza.

Analiza wyników egzaminu maturalnego z matematyki na poziomie podstawowym w latach 2015-2017 r. w SOSW pozwala wskazać obszary umiejętności i wiadomości, których opanowanie przychodzi uczniom niewidomym i słabowidzącym z większą łatwością niż pozostałym. Należą do nich zadania z zakresu m.in.:

- elementarnych pojęć z zakresu statystyki;
- własności ciągu arytmetycznego;
- własności figur geometrycznych;
- odczytywania prostych wykresów funkcji.

Większość maturzystów potrafiła poprawnie rozwiązać zadania, wymagające zastosowania konkretnego wzoru i odwołujące się do pojedynczych umiejętności, zapisanych w podstawie programowej.

Podział na zadania, z którymi uczniowie mieli trudności, przebiega w poprzek zakresu podstawy programowej, nie istnieje więc obszar, który można jednoznacznie wskazać jako szczególnie zaniedbany i wymagający wzmożonej interwencji. Trudności odnotowano w zadaniach dotyczących m.in.:

- modelowania matematycznego i wykonywania obliczeń procentowych;
- wykorzystania i interpretowania reprezentacji;
- znajomości elementów statystyki opisowej, teorii prawdopodobieństwa i kombinatoryki;
- użycia i tworzenia strategii z zastosowaniem prostych zależności między funkcjami trygonometrycznymi;
- wykazania zależności między polami figur narysowanymi na rysunku (niewidomi);
- rozwiązywania równania lub układu równań stopnia pierwszego z dwiema niewiadomymi (niewidomi i słabowidzący);
- trygonometrii;
- planimetrii;
- stereometrii;
- ciągów i wzorów skróconego mnożenia;
- pierwiastków i prawa działań na pierwiastkach;
- wykorzystania definicji logarytmu i wzorów na logarytm iloczynu, logarytm ilorazu i logarytm potęgi o wykładniku naturalnym.

Stale występującą trudnością na egzaminie z matematyki wśród uczniów niewidomych jest prawidłowy odczyt rysunku i jego interpretacja, bez których rozwiązanie zadania nie jest możliwe. Podobne kłopoty występują w zadaniach, gdzie kluczową rolę odgrywa dobrze sporządzony rysunek, pozwalający dostrzec pewne zależności. Uczniowie niewidomi mogą wówczas polegać jedynie na wyobraźni. Bardzo często uczniowie nie podejmują próby rozwiązania zadań z poleceniem „wykaż” lub „uzasadnij”, wymagających przeprowadzenia dowodu z zakresu algebry lub geometrii. Istotnym problemem są też popełniane przez zdających błędy rachunkowe na różnych etapach rozwiązania zadania, co nierzadko prowadzi do uzyskania wyników sprzecznych z warunkami zadania.

Porównanie wyników egzaminów maturalnych opublikowanych w sprawozdaniach CKE z wynikami z SOSW wykazało, że uczniowie z dysfunkcją wzroku odnoszą sukces w rozwiązywaniu tych samych zadań co ich pełnosprawni rówieśnicy. Co więcej, w niektórych zadaniach osiągają niekiedy lepsze wyniki niż uczniowie szkół ogólnodostępnych, na poziomie znacznie wyższym niż średnia krajowa. Wyniki egzaminu maturalnego wskazują, że do zadań rozwiązywanych z dobrymi rezultatami należą przede wszystkim te, które nie wymagają zbyt wielu etapów rozwiązania ani starannego wyboru strategii, największą trudność stanowią zadania wymagające opracowania i zrealizowania kilkietapowej strategii.

4.3.5 Dostępność formuł dla uczniów niewidomych

W polskich podręcznikach szkolnych obowiązuje Brajlowska Notacja Matematyczna (BNM), fizyczna i chemiczna, opisana szczegółowo w pracy zbiorowej pod redakcją Jana Świerczka [58]. Notacja BNM oparta została na Międzynarodowej Notacji Matematycznej Helmuta Ephesera tzw. notacji marburskiej [59]. Pozwala ona zapisywać wyrażenia objęte podstawą programową z przedmiotów ścisłych do poziomu szkoły wyższej z użyciem brajla sześciopunktowego.

System sześciopunktowy wprowadza ograniczenie liczby znaków do 64, co wymusza w zapisie matematycznym precyzyjne i konsekwentne stosowanie określonych reguł. Ten sam znak może mieć wiele znaczeń, zależnie od kontekstu. Istotną rolę w zapisie brajlowskim odgrywa następstwo znaków. Szczególnie ważną informację wyraża także brak znaku, czyli tzw. „znak pusty” (odstęp, spacja). Większość czarnodrukowych symboli matematycznych przedstawionych jest w brajlu za pomocą dwóch lub trzech znaków. Do zapisu w brajlu bardziej skomplikowanych wyrażeń i wzorów stosuje się wskaźniki poziomów (górných i dolnych) oraz specjalne nawiasy i znaki kluczowe. Poziom podstawowy, zwany inaczej zerowym, mają symbole znajdujące się na linii tekstu. Kolejne poziomy, określone są rekurencyjnie zarówno w górę, jak i w dół.

Odczyt formuł przez uczniów niewidomych

Uczniowie niewidomi w polskich szkołach uczą się matematyki w polskiej notacji brajlowskiej - BNM (Brajlowskiej Notacji Matematycznej) z wykorzystaniem urządzeń brajlowskich takich jak maszyny brajlowskie (brailery) i drukarki brajlowskie. Materiały na lekcje matematyki otrzymują w formie dotykowej. Są to wydruki brajlowskie i tyflograficzne oraz dotykowe pomoce edukacyjne takie jak kubarytmy do nauki działań arytmetycznych, rozkładane modele brył i ich rzutów. Czytanie formuł standardowo odbywa się za pomocą wydruków brajlowskich. Uczniowie, którzy mają prywatne notetakery, robią notatki z lekcji brajlem, formuły wprowadzając w BNM.

Pisanie i modyfikacja formuł przez uczniów niewidomych

Uczniowie niewidomi piszą formuły i je modyfikują na maszynach brajlowskich. Treści dyktowane piszą na maszynach brajlowskich. Korekta błędów na maszynach brajlowskich, wg opinii nauczycieli z jednego z ankietowanych SOSW, nie zabiera uczniom więcej czasu niż przy elektronizacji edycji. Uczniowie przekreślają sześciopunktem błędny zapis, a poprawną odpowiedź zapisują ponownie pod spodem. Notatki mogą robić z wykorzystaniem prywatnego sprzętu komputerowego, co zdarza się wśród starszych uczniów.

4.3.6 Dostępność formuł dla uczniów słabowidzących w Polsce

Uczniowie słabowidzący mają w klasie do dyspozycji lupy silnie powiększające; monitory powiększające przedmioty leżące na stole np. zeszyt, w którym uczeń pisze widząc powiększony obraz tego, co pisze, na ekranie monitora; monitory powiększające treści z tablicy; tablice interaktywne do wyświetlania treści w powiększeniu i kontrastowo. Uczniowie słabowidzący piszą w zeszytach, choć są problemy z odczytem pisma, ponieważ mają kłopoty z zachowaniem poziomu i pionu w piśmie, co przy działaniach arytmetycznych i rozwiązywaniu równań jest bardzo ważne. Niektórzy starsi uczniowie słabowidzący, gdy mają możliwość posługiwania się laptopami (prywatnymi lub szkolnymi), korzystają z edytora równań w MS Word.

4.3.7 Dostępność matematycznych rysunków i wykresów funkcji

Grafika matematyczna jest dostępna dla uczniów niewidomych w formie wydruków tyflograficznych, na papierze brajlowskim lub puchnącym, przygotowywanych przez nauczyciela lub zakupionych. Polski Związek Niewidomych prowadzi sprzedaż rysunków tyflograficznych i wykonuje usługi ich druku. Rysunki dotyczą na przykład: funkcji i wykresów matematycznych; wykresów statystycznych; różnorodnych przekrojów. Uczniowie poznają figury, bryły i wykresy funkcji również za pomocą specjalnych dotykowych pomocy edukacyjnych jak modele brył; wydruki 3D wykresów funkcji; tabliczki do wypukłego rysowania ryłcem. Różnorodność pomocy edukacyjnych w poznawaniu grafiki matematycznej zależy również od inwencji i pomysłowości nauczyciela. Przykładem może być zastosowanie tablicy korkowej, sznurka i gwoździ (szpilek) do otrzymywania różnych kształtów figur geometrycznych.

Techniki te są również dostępne dla uczniów nieznających brajla.

Uczniowie słabowidzący grafikę matematyczną poznają w powiększonym druku lub obrazie. Rysują ją w zeszytach, korzystając z urządzeń powiększających.

4.4 TIK w matematycznej edukacji włączającej w krajach sąsiedzkich

Informacje zawarte w niniejszym rozdziale na temat stanu i problemów informatyzacji edukacji włączającej w Czechach, Słowacji i Niemczech zostały zebrane na podstawie dostępnych publikacji.

4.4.1 Republika Czeska i Republika Słowacka

W sprawozdaniu krajowym z 2015 r. czeskiego Centre for International Cooperation in Education [60], stwierdza się, że w Republice Czeskiej nie istnieje krajowa strategia dotycząca korzystania z TIK w celu wspierania włączania uczniów z dysfunkcjami do klas

ogólnodostępnych. Technologie wspomagające nie są jeszcze szeroko stosowane w Republice Czeskiej. Niestety, większość nauczycieli uczniów ze specjalnymi potrzebami nie docenia jeszcze przydatności urządzeń mobilnych dla edukacji SEN (Special Educational Needs). Wiele czeskich uniwersytetów prowadzi specjalne ośrodki, które wspierają studentów ze specjalnymi potrzebami. Jednym z największych jest Centrum Teiresias (oficjalna nazwa Centrum Wsparcia dla Studentów ze Specjalnymi Potrzebami) Uniwersytetu Masaryka w Brnie. Od 2001 r. Centrum powierzono druk dotykowej wersji państwowego egzaminu maturalnego dla osób niewidomych. Centrum zapewnia także Krajowe Egzaminy Porównawcze dla Uczniów z Upośledzeniem Wizualnym i Słuchu, szczególnie dla osób przygotowujących się do wstępnych egzaminów na uniwersytety. Czeska matematyczna notacja brajlowska oparta jest na notacji Nemeth. W 1995 r. przyjęto wstępną koncepcję normy tej notacji. Kolejna część zebranych informacji na temat stanu i problemów informatyzacji w Czechach i na Słowacji została zawarta w artykule Wiazowskiego [61]. Informacje uzyskano głównie z Regec [62], Mendelova, Lecky [63]. Vojtech Regec z Czech zbadał potencjalne przeszkody w dostępie do informacji cyfrowych wśród uczniów z wadami wzroku. Wnioski z badań wykazały, że z biegiem lat sytuacja uległa znacznej poprawie w różnych obszarach edukacyjnych, stawiając uczniów z niepełnosprawnością wzroku na równi z ich widzącymi rówieśnikami. Wydaje się jednak, że matematyka i inne obszary STEM, nadal wymagają dużej uwagi. Pomimo dostępności specjalnych narzędzi i formatów, a także wysoko wykwalifikowanego wsparcia na Uniwersytecie Masaryka, tylko około 30% wyszkolonych nauczycieli uczniów z niepełnosprawnością wzroku w Republice Czeskiej zna dostępne rozwiązania cyfrowe wspomagające wysokiej klasy edukację matematyczną. Autor cytuje jednego z respondentów, który stwierdził, że to nie tylko brak świadomości, ale w rzeczywistości niechęć do sięgania po narzędzia cyfrowe. Nauczyciele będą raczej próbować pewnych form modyfikacji zadań, aby wyeliminować te najbardziej wymagające. Oznacza to, że uczniowie niewidomi i słabowidzący są pozbawieni możliwości studiowania bardziej zaawansowanej matematyki. Wydaje się, że w Polsce mamy podobny problem.

Zgodnie z [62] nauczyciele w czeskich szkołach mają do dyspozycji szeroką gamę narzędzi. Edytor Blind Moose opracowany na Uniwersytecie Masaryka we współpracy z Teiresias Center to zestaw makr MS Word do wprowadzania i edycji wyrażeń matematycznych w formacie liniowym. Jest dostępny dla wszystkich studentów, niezależnie od ich stanu widzenia. Wadą tego rozwiązania jest brak wewnętrznych konwerterów TeX i MathML. Pomimo pewnych niedociągnięć, The Blind Moose jest chwalony przez autora ze względu na natywną implementację czeskiego kodu brajla. W odniesieniu do rozwiązań w polskich narzędziach PlatMat można uznać, że mamy lepszą sytuację. Narzędzia PlatMat konwertują zapisy liniowe formuł na MathML i EPUB3.

LAMBDA to kolejna aplikacja do konwersji, którą mają do dyspozycji nauczyciele. Jest to narzędzie opracowane w ramach międzynarodowego projektu. Skrót ten oznacza Linear Access Mathematic dla urządzeń brajlowskich i syntezy audio. Kod LAMBDA może być prezentowany w 8-punktowym alfabecie Braille'a na monitorze brajlowskim i wizualnie przetłumaczony na standardową notację druku. Czasami MathType i Math Equation Editor w MS Word są używane do tworzenia kart pracy ucznia.

Większość słowackich dzieci z wadą wzroku (niewidomych i niedowidzących) uczęszcza do specjalnych szkół podstawowych. Na lekcjach matematyki posługują się książkami brajlowskimi z dotykowymi obrazkami, robią notatki, wykorzystują elektroniczne notatniki, a do obliczeń mechaniczną maszynę do pisania. Wadą maszyny do pisania jest przede

wszystkim to, że sposób uzyskiwania wyniku z rachunku trwa zbyt długo, więc uczniowie próbują obliczyć w pamięci, a po drugie: notacja obliczeń jest zbyt nieprzyjazna, więc po pewnym czasie uczeń jest zagubiony. Na Słowacji istnieją specjalne licea dla uczniów słabowidzących, ale głównie nastawione na muzykę, rzemiosło itp. Jeśli uczeń chce nawiązać kontakt z matematyką, musi uczęszczać do liceum ogólnodostępnego. Ponieważ nauczyciele tych szkół nie są specjalnie wykształceni w zakresie technologii wspomagających, często muszą korzystać z metody "prób i błędów", aby znaleźć najlepszy sposób nauczania swoich niewidomych uczniów. Uczniowie z niepełnosprawnością wzroku spotykają się również z brakiem podręczników i pomocy edukacyjnych oraz materiałów brajlowskich.

4.4.2 Republika Federalna Niemiec

W Niemczech istnieją odrębne szkoły (Förderschulen lub Sonderschulen) dla uczniów z umiarkowanymi lub poważnymi trudnościami w uczeniu się, dla uczniów niewidomych lub głuchych lub niepełnosprawnych fizycznie. Ta praktyka, która lokuje około 430 000 niemieckich uczniów w specjalnych, oddzielnych szkołach, została skrytykowana za nieprzestrzeganie Konwencji ONZ o prawach osób niepełnosprawnych z 2008 r. Krytycy domagają się bardziej zintegrowanej edukacji dla niepełnosprawnych. Twierdzą, że poprzez oddzielenie uczniów ze specjalnymi potrzebami od ogółu społeczeństwa, niemiecki system edukacji specjalnej zawodzi, ponieważ stawia niepełnosprawnych studentów w niekorzystnej sytuacji i uniemożliwia ich integrację w życiu codziennym. Dotyczy to zwłaszcza uczniów niepełnosprawnych fizycznie. Tylko w kilku miejscach w Niemczech niektórzy uczniowie ze specjalnymi potrzebami są włączani do szkół ogólnodostępnych.

W Niemczech występują problemy wynikające z używania różnych notacji brajlowskich. W zależności od regionu Niemiec niewidomi posługują się notacją Marburg, Matematyczną Notacją Stuttgart i Matematyczną Notacją ASCII (AMS) zwaną też notacją Karlsruhe. Zarówno w szkołach, jak i na uniwersytetach, stosowana jest liniowa notacja formuł dostępnych w języku LaTeX. LaTeX zapisuje formuły i inny tekst w 7-bitowych znakach ASCII, Rysunek 15.

$$x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}$$

`x_{1,2}=-\frac{p}{2}\pm\sqrt{\frac{p^2}{4}-q}`

Rysunek 15. Przykład zapisu formuły w notacji LaTeX

Źródło: Opracowanie własne

Oznacza to, że obie formuły ASCII i LaTeX mogą być wizualizowane lub drukowane (drukem „czarno-białym”) i mogą być w pełni reprezentowane w brajlu (w jednym dokumencie).

4.5 Dyskusja

W Polsce obowiązuje w specjalistycznej edukacji uczniów niewidomych system brajlowski, który tworzy kadra nauczycieli przedmiotów, znających brajla; notacja brajlowska BNM; urządzenia brajlowskie; podręczniki brajlowskie; i pomoce edukacyjne oznakowane brajlem. W polskim systemie edukacyjnym brakuje systemowych rozwiązań narzucających:

- konieczność rozpoznawania i monitorowania potrzeb, zarówno nauczycieli jak i uczniów, w zakresie stale rozwijających się nowych wspomagających TIK; wymagania stosowania wybranych TIK dla wspomagania ucznia niewidomego i słabowidzącego w procesie uczenia się przez niego matematyki.

Problem dotyczy wspomagania narzędziami TIK niewidomego ucznia znającego brajla, uczącego się w szkołach specjalnych, jak również, a może przede wszystkim, ucznia niewidomego, który znalazł się w szkole ogólnodostępnej. Często praktyka postępowania z uczniami niewidomymi na lekcjach matematyki w szkołach ogólnodostępnych jest taka, że marginalizuje się ich, ponieważ nauczyciele matematyki, nie mając wsparcia przez TIK i nie znając brajla, są w takiej sytuacji bezradni. Uczeń niewidomy w szkołach ogólnodostępnych zdany jest przede wszystkim na ustny przekaz matematycznych treści.

Lepsza sytuacja pod względem wyposażenia szkół ogólnodostępnych i przygotowania nauczycieli jest w przypadku uczniów słabowidzących, którzy z orzeczeniami o niepełnosprawności trafiają do oddziałów integracyjnych. Jeżeli stopień niepełnosprawności wzroku nie jest drastycznie wysoki, to uczniowie dają sobie radę z matematyką wykorzystując wyposażenie w oddziałach integracyjnych. W przeciwnym wypadku konieczne staje się wsparcie przez TIK np. technikami używanymi dla wsparcia uczniów niewidomych m.in. mową syntetyczną. Pierwsze próby wspierania uczniów słabowidzących o wysokim stopniu niepełnosprawności wzroku narzędziami opracowanymi dla uczniów niewidomych zostały przeprowadzone w roku szkolnym 2016/2017 w czasie pilotażowych wdrożeń narzędzi PlatMat w 2 placówkach edukacyjnych (w SOSW w Warszawie i SOSW w Krakowie). Uzyskano pozytywne opinie o PlatMat, które zostały potwierdzone pisemnymi rekomendacjami. Z trzeciej placówki, Gimnazjum z Oddziałami Integracyjnymi w Siedlcach, do którego uczęszczają uczniowie słabowidzący o umiarkowanym stopniu niepełnosprawności wzroku, również uzyskano pozytywne opinie i rekomendacje. Uzyskane rekomendacje dotyczą również rozwiązań zawartych w PlatMat skierowanych do uczniów niewidomych, trzeba dodać, że nie wszystkich rozwiązań.

W badaniach wskazano kilka słabych, niedopracowanych funkcji w PlatMat. Wśród nich znalazł się edytor grafiki i jego ograniczenia w zakresie tworzenia rysunków i zadań z geometrii. Uczniowie narzekali na nieintuicyjne działanie niektórych funkcji edytora grafiki, wprowadzające w błąd i wydłużające czas tworzenia rysunku. Postulowali poprawę interfejsu użytkownika i wprowadzenie niektórych usprawnień funkcjonalnych edytora grafiki. Nauczyciele uznali, że dla uczniów niewidomych nie sprawdza się odczytywanie grafiki na ekranie dotykowym, ponieważ uczniowie do czytania grafiki wypukłej używają obu rąk jednocześnie, natomiast nawigacja po grafice na ekranie dotykowym komputera odbywa się jednym palcem. Jest to różnica w stosunku do dotychczasowego sposobu pracy ucznia na lekcji i do tego, do czego przywykł. Ich zdaniem narzędzie to nie zastąpi w pełni dotychczas stosowanego sposobu czytania grafiki przez uczniów niewidomych, ale może być narzędziem

wspomagającym rozpoznawanie rysunków i wykresów matematycznych dzięki zastosowaniu udźwiękowienia, które angażuje dodatkowo zmysł słuchu w procesie poznawczym. Zdaniem uczniów, mechanizm nawigacji po rysunkach geometrycznych wymaga usprawnienia w zakresie informacji dźwiękowej, ułatwiającej uczniowi orientację i lokalizację poszczególnych elementów rysunku.

Podsumowując, w Polsce została opracowana, w wyniku realizacji projektów badawczych, oferta narzędzi TIK wspomagających nauczyciela oraz uczniów niewidomych i słabowidzących w edukacji matematycznej, jak również fizycznej. Są to narzędzia PlatMat dostępne na portalu www.platmat.pl. Aby wspomagające narzędzia TIK mogły być wdrożone do szerokiej praktyki edukacyjnej, zarówno w szkolnictwie ogólnodostępnym, w tym w szkołach i oddziałach integracyjnych, oraz w szkołach specjalnych, również w SOSW, powinni być do tego zachęceni przede wszystkim nauczyciele poprzez rozwiązania systemowe. Rozwiązania systemowe mogłyby uwzględniać wymierne relacje między informatycznym rozwojem nauczyciela potwierdzonym certyfikatem a jego awansem zawodowym. Istniałaby też potrzeba, jako elementu systemu, ewaluacji placówki edukacyjnej pod kątem zwiększonej informatyzacji procesu edukacyjnego i wynikających z niej efektów.

5 Konkluzje

W niniejszym raporcie przedstawiono zarys aktualnej sytuacji w obszarze edukacji matematycznej osób niewidomych i słabowidzących w poszczególnych krajach. Mając świadomość istniejących uwarunkowań, należy teraz rozważyć problemy wspólne dla wszystkich oraz możliwości ich uwzględnienia w działaniach rozwojowych proponowanych w projekcie EuroMath.

Choć występujące problemy są wielorakiego rodzaju, istnieje wiele tematów wspólnych, które wykraczają poza granice państw. W prowadzonych badaniach przez każdego z partnerów zgromadzono informacje wskazujące na potrzebę znacznego zwiększenia liczby osób niewidomych i niedowidzących na studiach o profilu matematycznym. Aby to osiągnąć, zarówno nauczyciele przedmiotu, jak i osoby odpowiedzialne za wspieranie ucznia w nauce i wykorzystanie technologii wspomagających muszą mieć świadomość, że jest to możliwe. Raport wykazał, że tylko w nielicznych przypadkach studenci z dysfunkcją wzroku kończą studia i osiągają swoje cele. Ich sukces powinien być przykładem motywującym zarówno uczniów, jak i nauczycieli.

Od strony technicznej, badania ujawniły kilka potrzeb, które powinny być zaspokojone przez narzędzia EuroMath. Są to:

- Możliwość łatwego nawigowania po wyrażeniach matematycznych przez ucznia, bez nadmiernego obciążenia poznawczego;
- Możliwość łatwej modyfikacji wyrażeń matematycznych przez ucznia oraz rozwiązywania równań matematycznych;
- Możliwość prezentacji treści matematycznej zarówno w wersji cyfrowej, jak i (w przypadku brajla) w wersji papierowej;
- Możliwość szybkiego przygotowania przez nauczycieli kart pracy i innych pomocy edukacyjnych oraz efektywnego dostarczenia ich uczniom;
- Możliwość wymiany danych z innymi aplikacjami, które są obecnie stosowane i używane w krajach partnerskich.

Opis szczegółowych wymagań technicznych na oprogramowanie tworzone w projekcie EuroMath jest poza zakresem niniejszego dokumentu, jednak powyższe punkty stanowią zwięzły zbiór ogólnych wytycznych dla kolejnych działań. Równie ważne jest opracowanie trzystu przykładów najlepszych praktyk, które będą mogły być udostępnione nauczycielom i w ten sposób wzmocnią ich potencjał przekazywania wiedzy matematycznej swoim uczniom. Jak stwierdzono we Wstępie, zarówno wyzwania techniczne, jak i pedagogiczne muszą zostać przezwyciężone, jeśli EuroMath ma odnieść sukces i zapewnić możliwości edukacyjne uczniom niewidomym i słabowidzącym, jakie posiadają ich widzący rówieśnicy.

6 Bibliografia

- [1] AsciiMath, "AsciiMath," 2018. [Online]. Available: <http://asciimath.org/>. [Accessed Czerwiec 2018].
- [2] NASK, "Platmat Portal," 2018. [Online]. Available: <http://www.platmat.pl:8181/Platmat/index.xhtml>. [Accessed Czerwiec 2018].
- [3] R. D. Stevens, "Principles for the Design of Auditory Interfaces to Present Complex Information to Blind Computer Users," 1996.
- [4] K. a. P. A. Rayner, *The Psychology of Reading*, Prentice Hall, 1989.
- [5] A. Karshmer, G. Gupta, E. Pontelli, K. A. N. G. D. Miesenberger, M. Batusic, B. Stöger, B. Palmer and H.-F. Guo, "UMA: a system for universal mathematics accessibility," in *Proceedings of the 6th international ACM SIGACCESS Conference*, Atlanta GA, 2004.
- [6] D. Gillan, P. Barraz and e. al, "Cognitive Analysis of Equation readings: Application to the development of the MathGenie.," in *ICCHP*, Paris, France, 2004.
- [7] Childvision, "Braille Production," [Online]. Available: <https://childvision.ie/site/resources/braille-production/>. [Accessed Czerwiec 2018].
- [8] National Council for Curriculum and Assessment Department of Education and Skills (NCCSA), "Junior Certificate mathematics syllabus: Foundation, ordinary and higher level," NCCA/DES., Dublin, 2015.
- [9] National Council for Curriculum and Assessment Department for Education and Skills (NCCSA), "Leaving Certificate mathematics syllabus: Foundation, ordinary, higher level.," NCCA/DES., Dublin, 2015.
- [10] Department of Education, "Mathematics programmes of study: key stages 1 and 2," Department of Education, London, 2013.
- [11] Association for Higher Education Access and Disability (AHEAD), "Giving Voice to Blind and Visually Impaired Students Transition Experiences, Addressing Gaps in Policy Provision.," Association for Higher Education Access and Disability, Dublin, 2015.
- [12] Department of Education, "Mathematics Programs in England: Key Stage Three," Department of Education, London, 2014.
- [13] G. Douglas, M. McLinden, S. McCall, S. Pavey, J. Ware and A. M. Farrell, "Access to print literacy for children and young people with visual impairment: findings from a review of literature," *European Journal of Special Needs Education*, vol. 26, no. 1, pp. 25-38, 2011.

- [14] (SEC), State Examinations Commission, "Reasonable Accommodations at the 2018 Certificate Examinations: Instructions for schools," State Examinations Commission., Westmeath, 2017.
- [15] Royal National Institute of Blind People (RNIB), "Exam Access for Students with Vision Impairment," 2018. [Online]. Available: <https://www.rnib.org.uk/insight-online/exam-vision-impairment-access-arrangements-plan-apply>. [Accessed Czerwiec 2018].
- [16] Association for Higher Education Access and Disability (AHEAD), "Seeing Ahead: A Study of Factors Affecting Blind & Vision Impaired Students Going on to Higher Education," AHEAD Education Press., Dublin, 2008.
- [17] P. McCarthy and M. Shevlin, "Opportunities and challenges in secondary education for blind/vision-impaired people in the Republic of Ireland," *Disability & Society*, vol. 32, no. 7, pp. 1007-1026, 2017.
- [18] H. Cahill, C. Linehan, J. McCarthy, G. Bormans and J. Engelen, "Blind and partially sighted students' access to mathematics and computer technology in Ireland and Belgium.," *Journal of Visual Impairment and Blindness*, no. 90, pp. 105-114, 1996.
- [19] United Nations, "Convention on the Rights of Persons with Disabilities," United Nations, New York, 2006.
- [20] E. Cliffe, "Accessibility of mathematical resources: the technology gap.," *MSOR Connections*, vol. 9, no. 4, pp. 37-42, 2009.
- [21] Desmos, "Desmos | Free Math," [Online]. Available: <https://www.desmos.com/>. [Accessed 10 Czerwiec 2018].
- [22] DAISY, "Specifications for the Digital Talking Book," 2012. [Online]. Available: <http://www.daisy.org/z3986/2005/Z3986-2005.html?q=z3986/2005/z3986-2005.html>. [Accessed Czerwiec 2018].
- [23] International Council on English Braille (ICEB), "Unified English Braille (UEB)," 2018. [Online]. Available: <http://www.iceb.org/ueb.html>. [Accessed Czerwiec 2018].
- [24] O. D. Morris, C. P. and B. P., *Text and Test 3: Project Maths*, Dublin: C. J. Fallon.
- [25] F. K. Aldrich and L. Sheppard, "Tactile graphics in school education: perspectives from pupils," *British Journal of Visual Impairment* 69 - 73., vol. 19, no. 2, 2001.
- [26] (AHEAD)., Association for Higher Education Access and Disability, "Numbers of Students with Disabilities Studying in Higher Education in Ireland 2015/16.," AHEAD Education Press., Dublin, 2017.
- [27] W. N., "The Dutch school system for dummies - a guide from one parent to another – DutchReview," 3 Marzec 2017. [Online]. Available: <https://dutchreview.com/expat/the->

dutch-school-system-a-guide-for-parents-on-dutch-education/. [Accessed Czerwiec 2018].

- [28] [Online]. Available: <https://www.lentiz.nl/lentiz-english/home/studying-in-holland/education/compulsory-education>. [Accessed 11 kwiecień 2018].
- [29] Hanze University of Applied Sciences, "Teacher Education for Primary Schools programme (Pabo)," 2018. [Online]. Available: <https://www.hanze.nl/eng/education/social/school-of-education/organisation/organisation/teacher-education-primary-schools-programme-pabo>. [Accessed Czerwiec 2018].
- [30] A. v. Leendert, "Visio and Bartimeus - participation in mainstream and special education," 2018.
- [31] Visio, "Slechtziend of blind en begeleiding op school," 2018. [Online]. Available: <https://www.visio.org/en-gb/onderwijs/begeleiding-in-regulier-onderwijs>. [Accessed 24 Kwiecień 2018].
- [32] Visio, "School voor blinden en slechtzienden - Koninklijke Visio - Koninklijke Visio," [Online]. Available: <https://www.visio.org/en-gb/onderwijs/soorten-onderwijs/speciaal-basisonderwijs>. [Accessed 24 Kwiecień 2018].
- [33] Visio;Bartiméus, "Eduvip," 2018. [Online]. Available: <https://www.eduvip.nl/>. [Accessed Czerwiec 2018].
- [34] V. Education, *Personal Communication*, 2016, Wrzesień 13.
- [35] D. v. Dijk, *Personal Communication*, 2016, Luty 12.
- [36] D. v. Dijk, *Personal communication*,, 2016, Luty 12.
- [37] A. v. Leendert, *Pilot study braille display and speech synthesizer - personal file*, 2017, Listopad-Grudzień.
- [38] A. v. Leendert, *Visio and Bartimeus - participation in mainstream and special education*, 2018.
- [39] „Oświata i wychowanie w roku szkolnym 2016/2017,” Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2017.
- [40] „Oświata i Wychowanie w roku szkolnym 2012/2013,” Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2013.
- [41] M. Rubin, M. Faderewski i D. Mikułowski, „Badania stanu i potrzeb informatyzacji edukacji matematycznej uczniów niewidomych i słabowidzących w Polsce,” *eMentor*, nr 1(58), pp. 34-40, January 2015.

- [42] M. Rubin, „Przydatność specjalizowanych narzędzi informacyjno-komunikacyjnych w edukacji matematycznej uczniów z dysfunkcją wzroku w świetle badania ankietowego nauczycieli,” *eMentor*, nr 5 (67), pp. 30-35, December 2016.
- [43] K. Bidziński, „Opinie nauczycieli uczniów ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi na temat technologii informacyjno-komunikacyjnych jako potencjalnego narzędzia pozyskiwania wsparcia zawodowego,” *Dzieci i młodzież ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi w przestrzeni informacyjnej*, pp. 199-214, 2016.
- [44] M. Paplińska, „Technologiczne wsparcie uczniów niewidomych i słabowidzących w opiniach nauczycieli,” w *Tyflopedagogika wobec współczesnych potrzeb wspomagania rozwoju, rehabilitacji i aktywizacji społecznej*, Warszawa, Akademia Pedagogiki Specjalnej, 2017, pp. 114-132.
- [45] E. Śmiechowska-Petrovskij, „Integrowanie technologii i technik brajlowskich w edukacji uczniów z niepełnosprawnością wzroku,” w *Pismo Braille’a. Z tradycją w nowoczesność*, Warszawa, Fundacja Polskich Niewidomych i Słabowidzących TRAKT, 2016, pp. 101-125.
- [46] „Informacja o wynikach kontroli CYFRYZACJA SZKÓŁ,” Naczelna Izba Kontroli, Warszawa, 2017.
- [47] M. Rubin, „Raport z badań o potrzebach i informatycznych technikach ich zaspokojenia w zakresie wspomagania niewidomych i słabowidzących w edukacji i nabywaniu kompetencji kluczowych (matematyka) prowadzonych w latach 2016-2017,” Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa, 2017.
- [48] „Osiągnięcia uczniów kończących gimnazjum w roku 2015. Sprawozdanie z egzaminu gimnazjalnego 2015,” Centralna Komisja Egzaminacyjna, Warszawa, 2015.
- [49] „Osiągnięcia uczniów kończących gimnazjum w roku 2016. Sprawozdanie z egzaminu gimnazjalnego 2016,” Centralna Komisja Egzaminacyjna, Warszawa, 2016.
- [50] „Osiągnięcia uczniów kończących gimnazjum w roku 2016. Sprawozdanie z egzaminu gimnazjalnego 2017,” Centralna Komisja Egzaminacyjna, Warszawa, 2017.
- [51] „Sprawozdanie z egzaminu maturalnego 2014 Matematyka,” Centralna Komisja Egzaminacyjna, Warszawa, 2014.
- [52] „Sprawozdanie z egzaminu maturalnego 2015 Matematyka,” Centralna Komisja Egzaminacyjna, Warszawa, 2015.
- [53] „Sprawozdanie z egzaminu maturalnego 2016 Matematyka,” Centralna Komisja Egzaminacyjna, Warszawa, 2016.
- [54] „Sprawozdanie z egzaminu maturalnego 2017 Matematyka,” Centralna Komisja Egzaminacyjna, Warsaw, 2017.

- [55] "Oświata i Wychowanie w roku szkolnym 2013/2014," Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2014.
- [56] "Oświata i Wychowanie w roku szkolnym 2014/2015," Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2015.
- [57] "Oświata i Wychowanie w roku szkolnym 2015/2016," Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2016.
- [58] J. Świerczek, *Brajłowska notacja matematyczna fizyczna i chemiczna*, Kraków, Laski, Łódź, 2011.
- [59] H. Epheser, *Międzynarodowa Brajlowska Notacja Matematyczna*, Warszawa: Zarząd Główny Polskiego Związku Niewidomych, 1967.
- [60] „Czech Republic Country Report on ICT in Education 2015,” [Online]. Available: <http://www.eun.org/documents/411753/828792/Country+Report+Czech+Republic++2015.pdf/a8d6e01d-8962-418c-bc5f-6cada843f043>. [Data uzyskania dostępu: 30 Maj 2018].
- [61] J. Wiazowski, „Sight, touch, hearing - the current options and challenges in access to math content for learners with visual impairments,” w *Forum Pedagogiczne*, UKSW, Warszawa, 2018.
- [62] V. Regec, “Digital Barriers In Educating Students With Visual Impairment,” in *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2016.
- [63] E. Mendelová and P. Lecký, “Accessible Learning Resources for Blind Students,” *Niektoré technologické inovácie v špeciálnej pedagogike. Levoča: Matej Hrebenda Slovak Library for the Blind in Levoča*, vol. 38, no. 7, pp. 54-65, 2008.
- [64] A. Karshmer and D. Farsi, “Access to Mathematics by Blind Students: A Global Problem,,” in *In Proceedings of the WMSCI 2007 Conference*, Orlando, Florida., 2007.
- [65] Project Maths Implementation Support Group, “Report of the Project Maths Implementation Support Group,” Department of Education and Skills, Dublin, 2010.
- [66] (NCCA), National Council for Curriculum and Assessment, “REVIEW OF MATHEMATICS IN POST-PRIMARY EDUCATION a discussion paper,” Department of Education & Skills., Dublin, 2005.
- [67] E. Bates and D. Fitzpatrick, “Spoken Mathematics using Prosody, Earcons and Spearcons,,” in *Proceedings of ICCHP, the 12th International Conference on Computers Helping People with Special Needs*, Vienna, Austria., 2010.

- [68] D. Fitzpatrick, "Mathematics: how and what to speak," in *Proceedings of ICCHP, International Conference on Computers Helping People with Special Needs*, Linz, Austria, 2006.
- [69] D. Gillan, P. Barraz and e. al, "Cognitive Analysis of Equation readings: Application to the development of the MathGenie.," in *ICCHP*, Paris, France, 2004.
- [70] A. Karshmer, G. Gupta, E. Pontelli, K. A. N. G. D. Miesenberger, M. Batusic, B. Stöger, B. Palmer and H.-F. Guo, "UMA: a system for universal mathematics accessibility," in *Proceedings of the 6th international ACM SIGACCESS Conference*, Atlanta GA, 2004.
- [71] P. McCarthy, "The Educational Experiences and Transition Choices/Opportunities of Blind/Vision Impaired People in the Republic of Ireland.," Trinity College University of Dublin, Dublin, 2013.
- [72] T. V. Raman, "Audio Systems for Technical Reading. PhD Thesis,," Ny, USA, 1994.
- [73] K. a. P. A. Rayner, *The Psychology of Reading*, Prentice Hall, 1989.
- [74] R. D. Stevens, "Principles for the Design of Auditory Interfaces to Present Complex Information to Blind Computer Users," 1996.
- [75] N. A., "Mathspeak Grammar Rules," 2004. [Online]. Available: <http://www.gh-mathspeak.com/examples/grammar-rules/>. [Accessed Czerwiec 2018].