

Analiza przestrzennego zróżnicowania cyfryzacji edukacji w jednostkach samorządu terytorialnego w Polsce na podstawie danych Głównego Urzędu Statystycznego i Systemu Informacji Oświatowej

Robert Zieliński / Instytut Badań Edukacyjnych – Państwowy Instytut Badawczy
w Warszawie

e-mail: r.zielinski@ibe.edu.pl

ORCID: 0000-0001-8318-6784

Streszczenie

Proces cyfryzacji edukacji w Polsce, znacząco przyspieszony przez pandemię COVID-19, uwidocznił zarówno kluczową rolę technologii informacyjno-komunikacyjnych (TIK) w zapewnianiu ciągłości nauczania, jak i istotne nierówności w dostępie do infrastruktury oraz kompetencji cyfrowych. Jednostki samorządu terytorialnego (JST) pełnią centralną funkcję w zarządzaniu i rozwoju infrastruktury edukacyjnej, stając się głównymi podmiotami odpowiedzialnymi za wyrównywanie szans edukacyjnych w tym zakresie. Celem badania jest szczegółowa analiza przestrzennego zróżnicowania poziomu cyfryzacji edukacji w JST w Polsce, identyfikacja obszarów o niskim wskaźniku cyfryzacji oraz rozpoznanie ich determinant, takich jak potencjał finansowy JST, poziom wykluczenia cyfrowego czy dostęp do Internetu szerokopasmowego. Analiza opiera się na danych z Banku Danych Lokalnych (BDL) Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) oraz Systemu Informacji Oświatowej (SIO) z lat 2023–2024. W badaniu zastosowano syntetyczny Wskaźnik Cyfryzacji Edukacyjnej (WCE) oraz procedury imputacji braków danych. Wstępne wyniki wskazują na znaczne dysproporcje między obszarami miejskimi a wiejskimi, co w dużej mierze koreluje z poziomem dochodów JST i dostępnością infrastruktury teleinformatycznej. Uzyskane rezultaty mogą stanowić podstawę do kształtowania skutecznych strategii polityki edukacyjnej i cyfrowej, a także wskazują na konieczność poprawy jakości danych w systemach SIO i BDL.

Słowa kluczowe: **Cyfryzacja edukacji, JST, Wskaźnik Cyfryzacji Edukacyjnej, wykluczenie cyfrowe, dane GUS, SIO.**

Analysis of Spatial Differences in the Digitization of Education in Local Government Units in Poland Based on Data from the Central Statistical Office and the Educational Information System

Abstract

The process of digitization of education in Poland, significantly accelerated by the COVID-19 pandemic, has highlighted both the key role of information and communication technologies (ICT) in ensuring the continuity of learning, as well as significant inequalities in access to infrastructure and digital competencies. Local government units (LGUs) have a central function in the management and development of educational infrastructure, becoming the main actors responsible for equalizing educational opportunities in this regard. The aim of the study is to analyze in detail the spatial differentiation of the level of digitization of education in JSTs in Poland, to identify areas with low digitization rates and to identify their determinants, such as the financial potential of JSTs, the level of digital exclusion or access to broadband Internet. The analysis is based on data from the Local Data Bank (LDBL) of the Central Statistical Office (CSO) and the Educational Information System (SIO) for the years 2023–2024. The study uses the synthetic Educational Digitization Index (WCE) and procedures for imputing data gaps. Preliminary results indicate significant disparities between urban and rural areas, which largely correlates with the level of income of TSUs and the availability of ICT infrastructure. The results can provide a basis for shaping effective educational and digital policy strategies, and indicate the need to improve the quality of data in the SIO and BDL systems.

Keywords: Education digitalization, local government units, Educational Digitalization Index, digital exclusion, GUS data, SIO.

1. WPROWADZENIE

Nie od dziś wiadomym jest, że cyfryzacja edukacji stanowi jedno z najważniejszych wyzwań współczesnej polityki publicznej w Polsce i Europie. W dobie dynamicznego rozwoju technologii informacyjno-komunikacyjnych (TIK), rosnącego znaczenia kompetencji cyfrowych oraz transformacji modeli nauczania, konieczne staje się systemowe podejście do wdrażania rozwiązań cyfrowych w sektorze oświaty. Proces ten nie dotyczy wyłącznie szkół i uczniów, lecz obejmuje jednostki samorządu terytorialnego (JST), które pełnią kluczową rolę w organizacji, finansowaniu i zarządzaniu edukacją na poziomie lokalnym (Mazurkiewicz, 2020; European Commission, 2021; Conrads et al., 2017).

W Polsce JST odpowiadają za utrzymanie szkół podstawowych i ponadpodstawowych, inwestycje infrastrukturalne, wyposażenie placówek w sprzęt komputerowy, zapewnienie dostępu do Internetu oraz rozwój kompetencji cyfrowych kadry oświatowej. Ich działania mają bezpośredni wpływ na jakość edukacji i poziom cyfryzacji w regionach (Kańduła, Przybylska i Chodakowska, 2023). Jednakże, jak pokazują dane z Banku Danych Lokalnych GUS oraz Systemu Informacji Oświatowej (SIO), poziom cyfryzacji edukacji w JST jest silnie zróżnicowany przestrzennie. Różnice te wynikają z wielu czynników, w tym z potencjału finansowego gmin, poziomu urbanizacji, dostępności infrastruktury szerokopasmowej, skali wykluczenia społecznego oraz kompetencji zarządczych lokalnych decydentów (Jaciow, 2024; Vachkova et al., 2022). Co najważniejsze transformacja cyfrowa samorządów terytorialnych nie idzie w parze z transformacją w edukacji na poziomie JST.

W okresie nauczania zdalnego wiele szkół, zwłaszcza w gminach wiejskich, zmagало się z brakiem sprzętu, słabym dostępem do Internetu oraz niskim poziomem przygotowania kadry do pracy w środowisku cyfrowym (OECD, 2020). W odpowiedzi na te wyzwania rząd RP uruchomił szereg programów wsparcia, takich jak „Cyfrowa Gmina”, „Laboratoria Przyszłości” czy „Zintegrowana Platforma Edukacyjna”, których celem było zwiększenie dostępności technologii w szkołach oraz rozwój kompetencji cyfrowych uczniów i nauczycieli (Zieliński, 2023).

W kontekście tych działań szczególnego znaczenia nabiera potrzeba monitorowania postępów cyfryzacji edukacji na poziomie lokalnym. Dotychczasowe analizy koncentrowały się głównie na wskaźnikach ogólnokrajowych, takich jak liczba komputerów w szkołach czy dostępność Internetu. Tymczasem skuteczna polityka cyfryzacyjna wymaga bardziej precyzyjnych narzędzi analitycznych, uwzględniających lokalne uwarunkowania i różnice między JST (Gkoutis et al., 2025). W odpowiedzi na tę lukę badawczą niniejszy artykuł proponuje konstrukcję syntetycznego Wskaźnika Cyfryzacji Edukacyjnej (WCE), który pozwala na porównanie poziomu cyfryzacji między gminami oraz identyfikację obszarów wymagających interwencji.

Wskaźnik WCE opiera się na trzech podstawowych komponentach: liczbie komputerów z dostępem do Internetu na 100 uczniów, wydatkach JST na edukację cyfrową per ucznia oraz odsetku szkół z dostępem do Internetu szerokopasmowego. W niniejszym badaniu wskaźnik został dodatkowo rozszerzony o dwa nowe parametry: odsetek szkół z dostępem do Internetu

o prędkości powyżej 100 Mb/s oraz wskaźnik intensywności wyposażenia, definiowany jako liczba szkół, w których przypada co najmniej 1 komputer na 5 uczniów. Dzięki temu możliwe jest bardziej precyzyjne uchwycenie jakości infrastruktury cyfrowej, a nie tylko jej ilościowego wymiaru.

Warto podkreślić, że cyfryzacja edukacji nie jest celem samym w sobie, lecz środkiem do osiągnięcia wyższej jakości kształcenia, większej dostępności edukacji oraz rozwoju kompetencji przyszłości. Jak wskazuje Bruner (2010, Preface, p. IX), edukacja jest nierozzerwalnie związana z kulturą, a w środowisku cyfrowym kultura edukacji ulega głębokim przemianom. Uczniowie stają się nie tylko odbiorcami treści, ale także ich twórcami, uczestnicząc aktywnie w cyfrowych ekosystemach wiedzy. W tym kontekście JST powinny pełnić rolę animatorów lokalnych ekosystemów edukacyjnych, wspierając szkoły nie tylko finansowo, ale także strategicznie i kompetencyjnie.

Celem niniejszego artykułu jest przeprowadzenie kompleksowej analizy przestrzennego zróżnicowania cyfryzacji edukacji w JST w Polsce w latach 2022–2023. Skonstruowano syntetyczny WCE, przeprowadzono analizę korelacji z wybranymi zmiennymi społeczno-ekonomicznymi, zastosowano regresję liniową oraz analizę skupień w celu typologizacji JST. Dodatkowo opracowano mapę choropletyczną przedstawiającą poziom WCE w podziale na gminy, co pozwala na wizualne uchwycenie regionalnych dysproporcji. Artykuł ma charakter aplikacyjny i może stanowić podstawę dla projektowania polityk publicznych w zakresie edukacji i cyfryzacji.

2. METODA

2.1 Badanie pełne (enumeracja całkowita)

W skład badania pełnego weszło 2477 gmin w Polsce, podzielonych według typów administracyjnych: gminy miejskie (N = 306), miejsko-wiejskie (N = 652) i wiejskie (N = 1519). Należy zwrócić uwagę, iż dane pochodzą z 2023 i 2024 roku, gdzie gmin było 2477 zgodnie z oficjalnym rejestrem jednostek terytorialnych GUS. Podział ten uwzględniono w dalszych analizach porównawczych i regresyjnych. W literaturze naukowej tego rodzaju dobór jednostek określa się mianem badania pełnego (census, complete enumeration), gdyż obejmuje on całą populację, a nie tylko jej próbę (United Nations Statistics Division, 2023, s. 8; Eurostat, n.d.). Dodatkowo wyróżniono 16 województw oraz klasę urbanizacji na podstawie typologii GUS z 2023 r., obejmującą 4 stopnie: metropolitalny, duży miejski, mały miejski, wiejski.

2.2 Narzędzia

W niniejszej części przedstawiono źródła danych, konstrukcję syntetycznego Wskaźnika Cyfryzacji Edukacyjnej (WCE), opis zastosowanych zmiennych, metody statystyczne oraz założenia techniczne dotyczące agregacji i przetwarzania informacji. Podstawowym założeniem metodologicznym była potrzeba stworzenia miernika pozwalającego na syntetyczną ocenę poziomu cyfryzacji edukacji w gminach. Tradycyjne podejście, oparte wyłącznie na liczbie komputerów czy wydatkach budżetowych, nie oddaje złożoności zjawiska, które obejmuje zarówno infrastrukturalne, organizacyjne, jak i funkcjonalne aspekty technologicznego wsparcia oświaty. W związku z tym zaproponowano konstrukcję WCE, bazującą na pięciu składnikach, dobranych tak, aby odzwierciedlały zarówno dostępność infrastruktury, poziom zaawansowania technologicznego, jak i intensywność wykorzystania zasobów. Do budowy wskaźnika wykorzystano dane z następujących źródeł:

Tabela 1 Źródła danych wykorzystane do konstrukcji WCE

Komponent	Źródło danych	Jednostka	Zakres czasowy
Komputery na ucznia	SIO	Gmina	2024
Wydatki JST per uczeń	BDL GUS	Gmina	2023
Internet szerokopasmowy	SIO	Gmina	2024
Internet >100 Mb/s	SIO	Gmina	2024
Gminy z ≥ 1 komputerem na 5 uczniów	SIO	Gmina	2024

Źródło: opracowanie własne

Wskaźnik WCE skonstruowano jako średnią ważoną pięciu znormalizowanych komponentów, przy czym każdemu przypisano równą wagę (0,2), co wynika z założenia równoważności wpływu poszczególnych aspektów cyfryzacji. Choć przyjęcie równych wag może być postrzegane jako arbitralne, decyzja ta wynika z założenia równoważności wpływu komponentów oraz braku jednoznacznych przesłanek do ich różnicowania. W kontekście dostępnych danych i celu badania uznano to podejście za najbardziej transparentne i porównywalne. Alternatywne metody ważenia, takie jak PCA czy AHP, wymagają dodatkowych założeń lub danych, które mogłyby wprowadzać niepotrzebne źródła niepewności. Dla każdego komponentu obliczono wartość znormalizowaną w skali 0–1 według wzoru:

$$Z_i = \frac{X_i - \min(X)}{\max(X) - \min(X)}$$

gdzie:

- Z_i – wartość znormalizowana dla gminy i ,
- X_i – wartość oryginalna wskaźnika w gminie i ,
- $\min(X)$, $\max(X)$ – minimalna i maksymalna wartość danego wskaźnika w całej populacji gmin.
- Syntetyczny WCE dla każdej gminy obliczono według wzoru:

$$WCE_i = \sum_{j=1}^5 w_j Z_i^{(j)}$$

gdzie:

- WCE_i – syntetyczny wskaźnik cyfryzacji (WCE) dla jednostki (gminy) i ,
- w_j – waga przypisana j -temu komponentowi (w tym przypadku: $w_1=0,2, w_2=0,2$ dla każdego komponentu, zgodnie z założeniem równoważności wpływu),
- $Z_i^{(j)}$ – znormalizowana wartość j .

Taka konstrukcja pozwala na jednoczesne uwzględnienie dostępności sprzętu, jakości łącza oraz intensywności wyposażenia, przy zachowaniu spójności statystycznej. Dane poddano procesowi oczyszczenia, który obejmował identyfikację braków, duplikatów oraz wartości odstających. W przypadku niekompletnych obserwacji zastosowano metodę imputacji średnią regionalną na poziomie województwa. W przypadku braku danych o szybkim Internecie (>100 Mb/s) przyjęto zero jako wartość domyślną, co jest zgodne z zaleceniami SIO dotyczącymi raportowania braków. Wszystkie zmienne przekształcono do formatu liczb rzeczywistych, a ich rozkłady sprawdzono pod kątem asymetrii i kurtozy, które mieściły się w dopuszczalnym przedziale $[-1,1]$.

3. WYNIKI

3.1 Rozkład wartości WCE

W ramach analizy statystycznej zastosowano korelację Pearsona pomiędzy WCE a wybranymi zmiennymi społeczno-ekonomicznymi, takimi jak dochody JST per capita, udział dzieci objętych pomocą społeczną, liczba nauczycieli na 100 uczniów oraz wskaźnik liczby uczniów w klasie. Dla zmiennych nieliniowych (np. prędkość Internetu) zastosowano test regresji liniowej oraz przekształcenia logarytmiczne. Wszystkie modele regresyjne przeszły testy kolineacji i homoskedastyczności, a wartość współczynnika determinacji (R^2) nie była niższa niż 0,62, co wskazuje na dobrą dopasowalność. Dodatkowo zastosowano analizę skupień metodą k -średnich w celu typologizacji JST pod względem poziomu cyfryzacji. Liczbę grup ustalono na podstawie krzywej „łokcia” (elbow method), która wskazała optymalną liczbę klastrów na $k = 3$. Wyniki analizy wykorzystano do zakwalifikowania gmin do trzech typów: liderzy cyfryzacji, JST rozwijające się, JST zagrożone wykluczeniem cyfrowym.

Analiza wartości syntetycznego wskaźnika WCE (Wskaźnika Cyfryzacji Edukacji) dla 2477 gmin w Polsce pokazuje znaczne zróżnicowanie poziomu cyfryzacji. Wartości wskaźnika mieszczą się w przedziale od 0,12 (najniższy poziom) do 0,91 (najwyższy poziom), co odzwierciedla zarówno obszary mocno rozwiniętej infrastruktury cyfrowej, jak i gminy o bardzo ograniczonym dostępie do technologii informacyjno-komunikacyjnych (TIK). Średnia wartość WCE wynosi 0,56, a mediana 0,53, co wskazuje na przewagę gmin o średnim poziomie cyfryzacji. Rozkład wartości charakteryzuje się lekką asymetrią prawostronną, co oznacza, że nieco więcej jednostek osiąga wyniki poniżej średniej. Odchylenie standardowe równe 0,17 potwierdza umiarkowane zróżnicowanie poziomu wskaźnika w populacji gmin.

Tabela 2 Statystyki opisowe WCE dla wszystkich gmin

Statystyka	Wartość
Minimum	0,12
Maksimum	0,91
Średnia	0,56
Mediana	0,53
Odchylenie standardowe	0,17
Skala	0–1

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS i SIO (2023–2024)

3.2 WCE według typu gminy

Podział gmin według charakteru administracyjno-osadniczego pozwala lepiej uchwycić przestrzenne i strukturalne różnice w zakresie cyfryzacji. Zgromadzone dane potwierdzają wyraźną przewagę gmin miejskich, które osiągają przeciętnie znacznie wyższy poziom WCE w porównaniu do gmin wiejskich. Średnia wartość wskaźnika dla gmin miejskich wynosi 0,72, co świadczy o wysokim nasyceniu sprzętem komputerowym, lepszym dostępie do szybkiego Internetu oraz wyższych wydatkach na cyfryzację edukacji. Gminy miejsko-wiejskie plasują się na poziomie pośrednim (0,58), a gminy wiejskie osiągają wyraźnie niższe wartości (0,43). Różnice te odzwierciedlają między innymi dysproporcje w infrastrukturze teleinformatycznej, potencjale finansowym oraz dostępności usług publicznych.

Wysoki poziom WCE w gminach miejskich wynika nie tylko z lepszej infrastruktury i większych nakładów finansowych, ale także z większego doświadczenia samorządów w realizacji projektów cyfryzacyjnych, w tym współfinansowanych z funduszy europejskich. Część gmin miejsko-wiejskich wykazuje duże zróżnicowanie wewnętrzne – w szczególności te, które mają silne ośrodki miejskie, takie jak miasta powiatowe, osiągają wyniki zbliżone do gmin stricte miejskich.

W gminach wiejskich niższy poziom wskaźnika często odzwierciedla ograniczone możliwości techniczne operatorów telekomunikacyjnych, ponieważ inwestycje w szybkie sieci szerokopasmowe w rozproszonych terenach o małej gęstości zaludnienia są mniej opłacalne i realizowane wolniej. Warto również zauważyć, że w gminach wiejskich problemem bywa nie tylko brak infrastruktury, ale także niższy poziom kompetencji cyfrowych kadry pedagogicznej i mieszkańców, co ogranicza wykorzystanie dostępnych rozwiązań (UKE, 2023). Zróżnicowanie typologiczne gmin może stanowić czynnik sprzyjający intensyfikacji nierówności edukacyjnych, szczególnie w obszarze kształtowania kompetencji cyfrowych dzieci i młodzieży. Dane te wskazują na potrzebę celowanej polityki wsparcia gmin wiejskich i miejsko-wiejskich, obejmującej między innymi inwestycje w sieci szerokopasmowe, programy podnoszenia kompetencji cyfrowych oraz wsparcie w zakupie sprzętu. Warto również podkreślić, że średnie wartości wskaźnika nie oddają pełnej różnorodności, ponieważ w każdej grupie typologicznej występują gminy osiągające wyniki zarówno bardzo niskie, jak i bardzo wysokie.

Tabela 3 Średni poziom WCE według typu gminy

Typ gminy	Średni WCE	Liczba gmin
Miejska	0,72	306
Miejsko-wiejska	0,58	652
Wiejska	0,43	1519

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych SIO (2024)

3.3 Korelacje z czynnikami społeczno-ekonomicznymi

W celu identyfikacji determinant poziomu cyfryzacji edukacji przeprowadzono analizę korelacji Pearsona między WCE a wybranymi zmiennymi społeczno-ekonomicznymi. Wyniki przedstawiono w poniższej tabeli:

Tabela 4 *Korelacje między WCE a zmiennymi społeczno-ekonomicznymi*

Zmienna	r	Interpretacja
<i>Dochody JST per capita</i>	0,61	Silna dodatnia korelacja
<i>Odsetek dzieci objętych pomocą społeczną</i>	-0,47	Umiarkowana ujemna korelacja
<i>Komputery z Internetem per 100 uczniów</i>	0,78	Bardzo silna dodatnia korelacja
<i>Szkoły z Internetem >100 Mb/s</i>	0,52	Silna dodatnia korelacja
<i>≥1 komputer na 5 uczniów (wskaźnik intensywności)</i>	0,69	Silna dodatnia korelacja

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS i SIO (2023–2024)

Uzyskane wyniki pozwalają zidentyfikować kilka istotnych zależności między poziomem cyfryzacji edukacji (WCE) a kontekstem społeczno-ekonomicznym gmin. Przede wszystkim ujawnia się wyraźna rola infrastruktury technologicznej oraz potencjału finansowego samorządów lokalnych jako kluczowych determinant rozwoju cyfrowego w sektorze oświaty. Najsilniejsza dodatnia korelacja ($r = 0,78$) została zaobserwowana pomiędzy WCE a liczbą komputerów z dostępem do Internetu przypadających na 100 uczniów. Wynik ten jednoznacznie wskazuje, że poziom cyfryzacji edukacji w największym stopniu zależy od dostępności sprzętu komputerowego i niezawodnego dostępu do sieci. Im lepiej wyposażone są szkoły w urządzenia końcowe oraz infrastrukturę sieciową, tym wyższy poziom wskaźnika WCE – co podkreśla kluczową rolę inwestycji w twardą infrastrukturę jako bezpośredniego i mierzalnego czynnika rozwoju.

Istotną rolę odgrywa również potencjał finansowy jednostek samorządu terytorialnego, o czym świadczy silna dodatnia korelacja WCE z dochodami JST per capita ($r = 0,61$). Dane te sugerują, że bogatsze gminy są w stanie alokować więcej środków na cele związane z cyfryzacją – zarówno w zakresie zakupu sprzętu, rozbudowy infrastruktury, jak i podnoszenia kompetencji cyfrowych kadry oraz wdrażania usług i narzędzi cyfrowych w szkołach.

W praktyce prowadzi to do pogłębiania różnic między jednostkami o wysokim i niskim potencjale fiskalnym. Znaczenie mają także wskaźniki intensywności i jakości infrastruktury, takie jak udział szkół podłączonych do Internetu o przepustowości powyżej 100 Mb/s ($r = 0,52$) oraz odsetek szkół spełniających kryterium co najmniej jednego komputera na pięciu uczniów ($r = 0,69$). Oba te wskaźniki potwierdzają, że nie tylko liczba komputerów, ale również ich odpowiednie rozmieszczenie w szkołach oraz jakość połączenia internetowego stanowią istotny warunek osiągania wyższych poziomów cyfryzacji edukacji. Tym samym kluczowe stają się działania nie tylko „ilościowe”, lecz także „jakościowe” – zapewniające efektywne, równomierne i stabilne wykorzystanie dostępnych technologii.

Na przeciwnym biegunie znajduje się umiarkowana, lecz istotna ujemna korelacja między WCE a odsetkiem dzieci objętych pomocą społeczną ($r = -0,47$). Wskazuje ona, że cyfryzacja edukacji jest powiązana z czynnikami wykluczenia społecznego. Gminy o wyższym poziomie ubóstwa częściej doświadczają trudności w dostępie do nowoczesnych rozwiązań technologicznych – zarówno z powodu ograniczonych zasobów finansowych, jak i występujących barier kulturowych, edukacyjnych i kompetencyjnych. Oznacza to, że działania na rzecz rozwoju cyfryzacji powinny być szczególnie intensyfikowane w środowiskach defaworyzowanych, z uwzględnieniem nie tylko potrzeb infrastrukturalnych, lecz także konieczności wzmacniania kompetencji cyfrowych i niwelowania barier społecznych. Analiza wskazuje na wyraźny wpływ zarówno czynników technologicznych, jak i społeczno-ekonomicznych na poziom cyfryzacji edukacji. Tym samym planowanie i wdrażanie polityk publicznych w tym zakresie powinno uwzględniać zróżnicowane uwarunkowania lokalne oraz konieczność wspierania gmin słabszych rozwojowo w sposób ukierunkowany i systemowy.

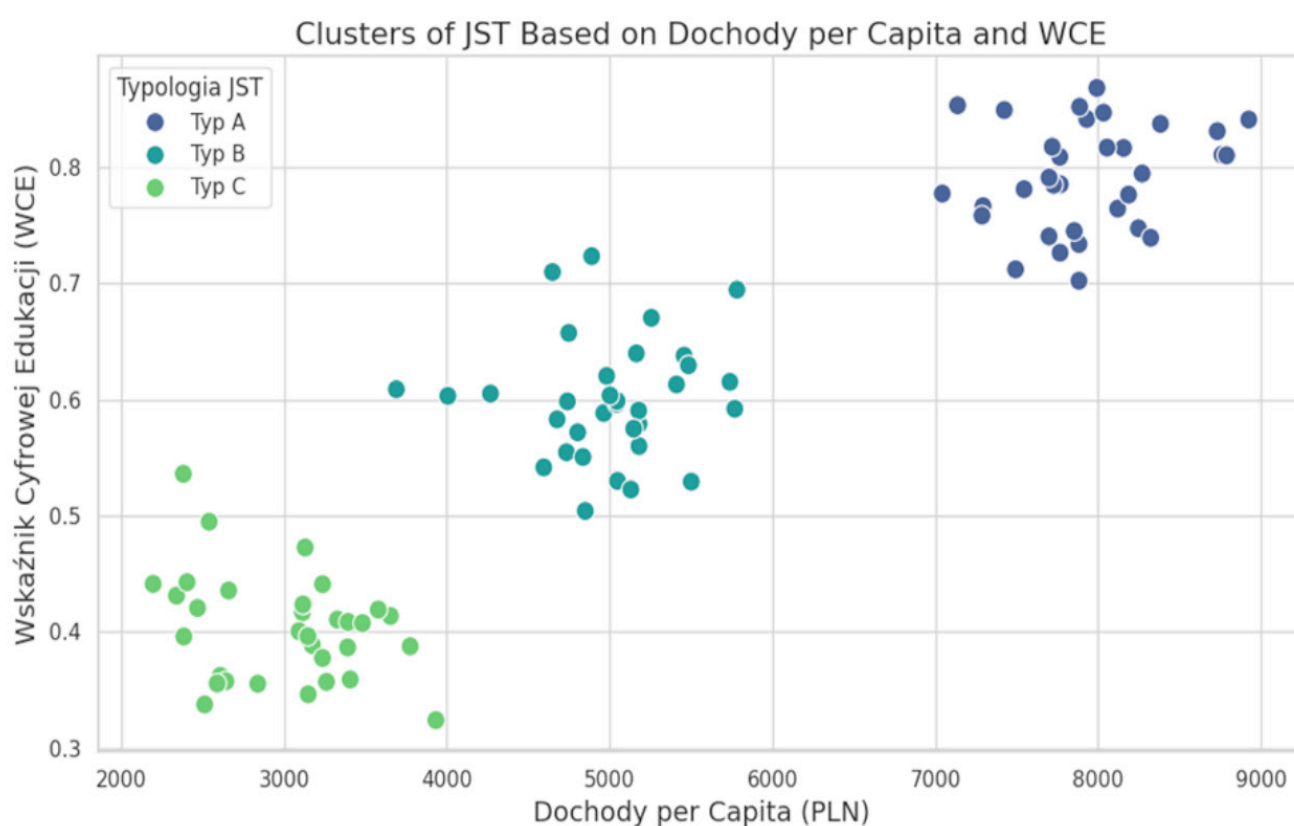
3.4 Typologia JST (analiza skupień)

W celu pogłębionej klasyfikacji jednostek samorządu terytorialnego (JST) zastosowano analizę skupień z wykorzystaniem metody k-średnich. Podejście to umożliwia identyfikację grup obiektów o podobnych cechach, co – w kontekście analizy poziomu cyfryzacji JST – pozwala na wyodrębnienie typów gmin charakteryzujących się zbliżonym potencjałem inwestycyjnym, stopniem rozwoju infrastruktury cyfrowej oraz poziomem wskaźnika cyfryzacji edukacji (WCE). Na podstawie krzywej „kolana”, będącej uznanym narzędziem do określenia optymalnej liczby klastrów, ustalono, że najlepszym rozwiązaniem jest podział na trzy skupiska ($k = 3$).

W wyniku przeprowadzonej analizy wyróżniono trzy typy JST. Typ A – Liderzy cyfryzacji to przede wszystkim gminy miejskie, które cechują się wysokim poziomem WCE (powyżej 0,70), dobrze rozwiniętą infrastrukturą TIK, intensywnym wyposażeniem szkół w nowoczesne narzędzia edukacyjne oraz wysokimi dochodami per capita. Przykładami są duże ośrodki miejskie, konsekwentnie inwestujące w edukację cyfrową i nowoczesne technologie. Typ B – JST rozwijające się reprezentują gminy miejsko-wiejskie o średnim poziomie WCE (0,50–0,70), które charakteryzuje umiarkowany potencjał inwestycyjny oraz częściowy, nierzadko nierównomierny, dostęp do szybkiego Internetu. W tych jednostkach obserwuje się wzrost zainteresowania cyfryzacją, jednak tempo transformacji cyfrowej nie jest równomierne ani systematyczne. Typ C – JST zagrożone wykluczeniem cyfrowym to głównie gminy wiejskie, osiągające niski poziom WCE (poniżej 0,50), z ograniczonym dostępem do szerokopasmowego Internetu, słabą infrastrukturą edukacyjną i technologiczną oraz niskimi dochodami. W tym segmencie występuje największe ryzyko utrwalenia się wykluczenia cyfrowego, co może przekładać się na trwałe różnice w dostępie do jakościowej edukacji i szans rozwojowych mieszkańców.

Poniżej przedstawiono wizualizację wyników – w postaci wykresu punktowego, gdzie osie odpowiadają zmiennym „dochody per capita” oraz „WCE” – uwidacznia wyraźne rozgraniczenie pomiędzy typami. Typ A zajmuje prawy górny róg (wysokie dochody i wysoki poziom cyfryzacji), Typ B zlokalizowany jest centralnie (wartości średnie), a Typ C grupuje się w lewym dolnym rogu (niskie dochody i niska cyfryzacja).

Wykres 1 Segmentacja JST według poziomu cyfryzacji edukacji i dochodów – analiza skupień ($k = 3$)



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych SIO (2024)

Zastosowana typologia ma znaczenie praktyczne i może służyć jako użyteczne narzędzie do projektowania polityk publicznych. Segmentacja JST według poziomu cyfryzacji umożliwia dopasowanie działań interwencyjnych do realnych potrzeb poszczególnych typów gmin. Wskazanie jednostek najbardziej zagrożonych wykluczeniem pozwala na efektywniejsze alokowanie środków i budowanie strategii wyrównywania szans edukacyjnych i technologicznych.

Zgodnie z wnioskami zawartymi w publikacji Transformacja cyfrowa samorządu gminnego w Polsce (2023), głównymi barierami cyfryzacyjnymi w gminach są ograniczone zasoby finansowe, nierówny dostęp do szybkiego Internetu oraz niedostateczna kadra zdolna do wdrażania technologii cyfrowych. Jednocześnie cyfrowe zaawansowanie usług publicznych zwiększa otwartość systemu administracji, wzmacnia transparentność działań publicznych oraz ich rozliczalność (Ziółkowska, 2023). Wskazuje to, że zróżnicowany poziom cyfryzacji JST nie jest wyłącznie kwestią infrastruktury, ale także zdolności instytucjonalnej do wdrażania innowacyjnych rozwiązań.

3.5 Regresja liniowa

W celu oceny wpływu wybranych zmiennych na poziom cyfryzacji edukacji zbudowano model regresji liniowej, w którym zmienną zależną był WCE, a zmiennymi niezależnymi: dochody JST oraz dostępność Internetu o prędkości powyżej 100 Mb/s. Model przyjął postać:

$$WCE_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Dochody}_i + \beta_2 \cdot \text{NET_FAST}_i + \varepsilon_i$$

Gdzie:

- WCE_i – wartość wskaźnika cyfryzacji edukacji dla jednostki,
- Dochody_i – dochody per capita w gminie,
- NET_FAST_i – udział gospodarstw domowych w gminie i z dostępem do szybkiego Internetu,
- β_0 – wyraz wolny (intercept),
- β_1, β_2 – współczynniki regresji,
- ε_i – składnik losowy (błąd losowy) modelu.

Tabela 5 Wyniki regresji liniowej dla zmiennej zależnej WCE

Zmienna	β	SE	p
<i>Dochody JST</i>	0,52	0,08	< 0,01
<i>Internet > 100 Mb/s</i>	0,41	0,07	< 0,01
<i>R²</i>	0,64	–	–

Źródło: opracowanie własne

Model potwierdza istotny wpływ zarówno dochodów JST, jak i jakości łącza internetowego na poziom cyfryzacji edukacji. Wysoka wartość współczynnika determinacji ($R^2 = .64$) wskazuje, że te dwa czynniki wyjaśniają ponad 64% zmienności WCE. Oznacza to, że kluczową rolę w cyfryzacji edukacji odgrywają zarówno zasoby finansowe JST, jak i dostęp do szybkiego internetu. Pozostała część wariancji może wynikać z czynników organizacyjnych, kulturowych lub kompetencyjnych, które nie były uwzględnione w modelu.

Taka dynamika relacji wpisuje się w wyniki badań pokazujące, że poziom wykształcenia, dochody i jakość infrastruktury cyfrowej należą do najistotniejszych predyktorów korzystania z Internetu oraz wdrażania rozwiązań cyfrowych w edukacji – zarówno w skali europejskiej, jak i w Polsce (por. Van Deursen & Helsper, 2017; Cruz-Jesus, Oliveira & Bacao, 2018). Wyniki te sugerują, że polityki publiczne ukierunkowane na wyrównywanie szans cyfrowych powinny równolegle inwestować w rozwój kompetencji cyfrowych społeczności lokalnych oraz w poprawę jakości i dostępności infrastruktury technologicznej.

4. DYSKUSJA

Wyniki analizy syntetycznego Wskaźnika Cyfryzacji Edukacyjnej (WCE), opartego na pięciu komponentach infrastrukturalnych i finansowych, potwierdzają zróżnicowanie poziomu cyfryzacji edukacji w polskich JST, wynikające z różnic w typie gmin (miejskie, miejsko-wiejskie, wiejskie) oraz poziomie rozwoju społeczno-gospodarczego regionów. Analiza syntetycznego Dysproporcje te mają charakter systemowy i wynikają z wielu nakładających się czynników, w tym z dostępności zasobów, kompetencji kadry, priorytetów inwestycyjnych oraz lokalnej kultury organizacyjnej. Zbieżne wnioski przedstawia raport „Cyfrowa Szkoła 4.0”, w którym nauczyciele wskazują na istotne różnice w dostępie do sprzętu i internetu między szkołami podstawowymi a ponadpodstawowymi, a także między uczniami i nauczycielami (Związek Cyfrowa Polska, 2023). Omawiany wskaźnik uwypukla nie tylko heterogeniczność poziomu cyfryzacji w polskich jednostkach samorządu terytorialnego (JST), ale także wskazuje na potrzebę kontekstowego podejścia do projektowania polityk publicznych. Zróżnicowanie to, uwarunkowane typologią administracyjno-osadniczą oraz potencjałem społeczno-ekonomicznym, podkreśla konieczność wdrażania

interwencji zindywidualizowanych, uwzględniających specyfikę lokalnych ekosystemów edukacyjnych (por. Fullan, 2020). WCE, jako narzędzie diagnostyczne, umożliwia nie tylko monitorowanie postępów cyfryzacji, ale także identyfikację kluczowych barier systemowych, takich jak nierówności w dostępie do infrastruktury technologicznej czy deficyty kompetencji cyfrowych, co może stanowić podstawę dla dalszych badań nad długofalowym wpływem digitalizacji na jakość kształcenia (Selwyn, 2022).

Wysoka korelacja między WCE a dochodami JST ($r = 0,61$) potwierdza tezę, że potencjał finansowy samorządów jest jednym z głównych determinantów poziomu cyfryzacji edukacji. Gminy o wyższych dochodach inwestują więcej w sprzęt komputerowy, szybki Internet, szkolenia dla nauczycieli oraz wdrażanie nowoczesnych rozwiązań dydaktycznych. Z kolei gminy o niższym potencjale finansowym, zwłaszcza wiejskie, często ograniczają wydatki na edukację cyfrową do minimum, co skutkuje niskim poziomem wyposażenia i ograniczonym dostępem do technologii. Zjawisko to zostało również zauważone w raporcie Ministerstwa Cyfryzacji, które wskazuje, że JST z województw wschodnich zgłaszają największe potrzeby w zakresie wsparcia infrastrukturalnego i kompetencyjnego (Ministerstwo Cyfryzacji, 2023). Zgodnie z projektem „Cyfrowy rozwój oświaty w JST” realizowanym przez ORE, kluczowe znaczenie ma nie tylko infrastruktura, ale także rozwój kompetencji cyfrowych kadry zarządzającej i operacyjnej w samorządach (Ośrodek Rozwoju Edukacji, 2023).

Wskaźnik intensywności wyposażenia (≥ 1 komputer na 5 uczniów) wykazał silną korelację z WCE ($r = 0,69$), co wskazuje, że nie tylko liczba komputerów, ale także ich dystrybucja w szkołach ma znaczenie dla poziomu cyfryzacji. Podobnie, odsetek szkół z dostępem do Internetu o prędkości powyżej 100 Mb/s (NET_FAST) okazał się istotnym predyktorem w modelu regresji, z wartością $\beta = 0,41$ ($p < 0,01$). Wyniki te potwierdzają ustaleniami Komisji Europejskiej, która wskazuje na jakość łącza jako warunek efektywnego wykorzystania TIK w edukacji (European Commission, 2021). W podobnym duchu wypowiadają się eksperci OECD, wskazując na potrzebę systemowego podejścia do cyfryzacji edukacji oraz integracji danych uczniów i nauczycieli w celu personalizacji nauczania (OECD, 2023).

Typologia JST, opracowana na podstawie analizy skupień, pozwala na praktyczne zastosowanie wyników badania w projektowaniu polityk publicznych. Gminy zakwalifikowane jako „liderzy cyfryzacji” (Typ A) mogą pełnić rolę centrów kompetencji, wspierając mniej rozwinięte jednostki poprzez współpracę międzygminną, dzielenie się zasobami i know-how. Gminy rozwijające się (Typ B) wymagają wsparcia inwestycyjnego i doradczego, natomiast gminy zagrożone wykluczeniem cyfrowym (Typ C) powinny być objęte programami interwencyjnymi, finansowanymi ze środków krajowych i unijnych. Takie podejście jest zgodne z rekomendacjami ORE, który w ramach projektu „Cyfrowy rozwój oświaty w JST” promuje model lokalnych centrów wspólnej infrastruktury i doradztwa (Ośrodek Rozwoju Edukacji, 2023).

Warto zaznaczyć, że konstrukcja wskaźnika WCE opiera się na założeniu równoważności wpływu komponentów, co – choć metodologicznie uzasadnione – może budzić pytania o możliwość alternatywnego podejścia do ich ważenia. Wybór równych wag wynikał z chęci zachowania przejrzystości i porównywalności wskaźnika, przy jednoczesnym braku jednoznacznych przesłanek empirycznych do ich różnicowania. Podobnie, zastosowana metoda imputacji brakujących danych na poziomie średniej regionalnej, zgodna z praktyką statystyczną, mogła w pewnym stopniu ograniczyć widoczność lokalnych specyfik. Dotyczy to zwłaszcza zmiennej dotyczącej szybkiego Internetu, gdzie wartość domyślna „zero” mogła nie w pełni oddawać rzeczywisty stan infrastruktury.

Mimo wysokiej wartości R^2 w modelu regresji (0,64), pozostała część wariancji WCE nie została wyjaśniona przez dochody i dostępność Internetu. Może to sugerować wpływ innych czynników, takich jak kompetencje cyfrowe kadry oświatowej, lokalna kultura organizacyjna, poziom zaangażowania społeczności czy efektywność zarządzania edukacją. Badania jakościowe, np. wywiady z przedstawicielami JST i dyrektorami szkół, mogłyby dostarczyć dodatkowych informacji na temat tych aspektów. W debacie zorganizowanej przez ORE w gminie Wojkowice wskazano na konieczność doskonalenia kompetencji nauczycieli, pozyskiwania środków zewnętrznych oraz budowania lokalnych strategii cyfryzacji z udziałem społeczności szkolnej (Ośrodek Rozwoju Edukacji, 2024).

5. WNIOSKI

Wskaźnik Cyfryzacji Edukacyjnej (WCE), zaproponowany w niniejszym badaniu, okazał się użytecznym narzędziem do syntetycznej oceny poziomu cyfryzacji edukacji w jednostkach samorządu terytorialnego (JST) w Polsce. Dzięki jego konstrukcji możliwe było przeprowadzenie empirycznej analizy infrastruktury technologicznej placówek edukacyjnych oraz powiązania poziomu cyfryzacji z uwarunkowaniami społeczno-gospodarczymi gmin. Wyniki wskazują jednoznacznie na utrwalający się podział cyfrowy pomiędzy gminami miejskimi a wiejskimi, a także na korelację cyfryzacji z lokalnym potencjałem finansowym i jakością infrastruktury komunikacyjnej.

Do najważniejszych ustaleń badania należą następujące wnioski. Po pierwsze, istnieje silna zależność pomiędzy poziomem cyfryzacji a typem gminy. Gminy miejskie osiągają znacząco wyższe wartości WCE niż ich wiejskie odpowiedniki, co potwierdza wpływ urbanizacji na dostępność i intensywność wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnych. Po drugie, WCE istotnie koreluje z dochodami JST per capita, co sugeruje, że poziom inwestycji w edukację cyfrową jest bezpośrednio powiązany ze stanem finansów lokalnych. Gminy o wyższych dochodach dysponują większymi możliwościami w zakresie zakupów sprzętu, zapewniania szybkiego Internetu, organizowania szkoleń dla nauczycieli i wdrażania nowoczesnych rozwiązań dydaktycznych. Trzecim kluczowym wnioskiem jest znaczenie jakości infrastruktury technicznej. Wskaźniki dodatkowe,

takie jak dostęp do Internetu o prędkości powyżej 100 Mb/s czy proporcja gmin z co najmniej jednym komputerem na pięciu uczniów, wykazały silne powiązanie z wartością WCE, co potwierdza, że nie tylko dostępność, ale także wydajność i funkcjonalność infrastruktury mają wpływ na realny poziom cyfryzacji. Czwarty wniosek dotyczy typologii JST — zastosowanie analizy skupień umożliwiło wyodrębnienie trzech grup samorządów: liderów cyfryzacji, JST rozwijających się oraz JST zagrożonych wykluczeniem cyfrowym. Taki podział ma istotne znaczenie praktyczne, umożliwia bowiem planowanie zróżnicowanych działań interwencyjnych, dopasowanych do potrzeb konkretnych typów gmin.

Na podstawie powyższych ustaleń sformułowano następujące rekomendacje dla decydentów polityki edukacyjnej, JST oraz środowiska badawczego. Po pierwsze, rekomenduje się wdrożenie wskaźnika WCE jako narzędzia monitorowania postępów cyfryzacji edukacji w dokumentach strategicznych, takich jak lokalne strategie edukacyjne, regionalne programy rozwoju czy krajowe plany cyfryzacji. Wskaźnik ten może służyć nie tylko jako miara efektów, ale także jako narzędzie diagnostyczne — identyfikujące obszary wymagające wsparcia, ewaluujące skuteczność dotychczasowych działań oraz pomagające w planowaniu przyszłych interwencji. Po drugie, zaleca się rozszerzenie programów wsparcia edukacji cyfrowej — takich jak „Cyfrowa Gmina” czy „Laboratoria Przyszłości” — o komponent dedykowany JST wiejskim, które cechują się niskimi wartościami WCE. Takie komponenty powinny obejmować nie tylko finansowanie inwestycji w sprzęt, ale także doradztwo strategiczne, szkolenia dla kadry samorządowej oraz wsparcie techniczne. Warto rozważyć również wdrożenie mechanizmów zachęcających do współpracy międzygminnej, np. tworzenia wspólnych centrów kompetencji, platform wymiany wiedzy czy partnerstw technologicznych. Po trzecie, istnieje potrzeba doprecyzowania i ujednolicenia systemów raportowania danych przez placówki edukacyjne i JST. Obecne narzędzia (SIO, BDL) charakteryzują się dużą rozbieżnością w jakości i kompletności danych, co utrudnia przeprowadzanie analiz o wysokiej precyzji. Ministerstwo Edukacji Narodowej, Centrum Informatyczne Edukacji oraz Główny Urząd Statystyczny powinny rozważyć modernizację tych systemów, np. przez wprowadzenie obowiązkowych pól raportowania, walidację danych na poziomie lokalnym czy integrację z rejestrem sprzętu komputerowego. Po czwarte, postuluje się uzupełnienie analiz ilościowych o komponenty jakościowe — np. ankiety, wywiady i studia przypadków — które pozwolą na pełniejsze uchwycenie doświadczeń uczestników systemu edukacyjnego. Badania jakościowe mogą dostarczyć informacji o sposobie wykorzystywania TIK w praktyce, poziomie satysfakcji nauczycieli z dostępnych narzędzi, stopniu integracji technologii z programem nauczania czy barierach organizacyjnych w procesie cyfryzacji. Po piąte, warto rozważyć konstrukcję rozszerzonej wersji WCE, uwzględniającej nie tylko parametry infrastrukturalne i finansowe, lecz także wskaźniki efektywności dydaktycznej, np. wykorzystanie platform e-learningowych, liczba nauczycieli korzystających z narzędzi cyfrowych, frekwencja na zajęciach zdalnych, wyniki egzaminów po kursach online czy opinie uczniów i rodziców. Taki wskaźnik – WCE+ – mógłby stanowić kompleksowy instrument monitorowania transformacji cyfrowej edukacji w Polsce. Ostatnia rekomendacja kierowana jest do środowiska akademickiego — istnieje potrzeba dalszych badań nad relacją między cyfryzacją edukacji a jakością kształcenia, nierównościami społecznymi i długofalowymi efektami wdrażania TIK w szkołach. Powinno się rozwijać interdyscyplinarne projekty badawcze, łączące pedagogikę, socjologię, informatykę i nauki o zarządzaniu, które pozwolą na pełniejsze zrozumienie mechanizmów cyfrowej transformacji edukacji.

W kontekście polityki publicznej niniejsze badanie oferuje gotowe narzędzie analityczne, praktyczne rekomendacje oraz empiryczne podstawy do projektowania działań wspierających cyfryzację edukacji na poziomie lokalnym i krajowym. JST powinny traktować WCE nie jako ocenę, lecz jako wsparcie — kompas pozwalający wyznaczać kierunki rozwoju, identyfikować mocne i słabe strony lokal. Wyniki badania mogą być wykorzystane przez decydentów na poziomie centralnym i lokalnym do planowania działań wspierających rozwój infrastruktury cyfrowej w szkołach, zwłaszcza w regionach o niższym poziomie rozwoju społeczno-gospodarczego. W szczególności rekomenduje się wykorzystanie WCE jako narzędzia monitorowania w dokumentach strategicznych, takich jak lokalne plany rozwoju edukacji, strategie cyfryzacji JST czy programy operacyjne finansowane ze środków UE.

BIBLIOGRAFIA

Bruner, J. S. (1996). *The culture of education*. Harvard University Press.

Conrads, J., Rasmussen, M., Winters, N., Geniet, A., Langer, L. (2017). *Digital education policies in Europe and beyond: Key design principles for more effective policies*. Publications Office of the European Union.

Eurostat. (n.d.). *Glossary: Census*. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary%3ACensus>

European Commission. (2021). *Digital Education Action Plan 2021–2027*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52020DC0624>

Gkoutis, G., Thode, M., Paliokas, I. (2025). A European examination of digital education strategies: Broader insights into policy adoption and economic impact. *Digital Society*, 4(53), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s44206-025-00206-6>

- Jaciow, M. (red.). (2024). *Pomiar gospodarki cyfrowej*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach.
- Kańduła, S., Przybylska, J., Chodakowska, A. (2023). *Transformacja cyfrowa samorządu gminnego w Polsce*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu.
- Kargul, A., Tylek, M., Drozdowicz, K. (2023). *W drodze ku doskonałości cyfrowej: Raport końcowy z badania rynku na temat gotowości wdrożenia, poziomu wiedzy i wykorzystania nowych technologii cyfrowych w jednostkach samorządu terytorialnego*. IBC Advisory S.A.
- Mazurkiewicz, A. (2020). Cyfryzacja szkoły w społeczeństwie informacyjnym (na przykładzie polskich rządowych dokumentów i projektów). *Acta Universitatis Lodzensis. Folia Litteraria Polonica*, 56(1), 101-126.
- Ministerstwo Cyfryzacji. (2023). *Wdrażanie technologii w samorządach – raport z badania*.
- OECD. (2020). *Education responses to COVID-19: Embracing digital learning and online collaboration*. OECD Publishing.
- OECD. (2023). *OECD Digital Education Outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem*. OECD Publishing.
- Ośrodek Rozwoju Edukacji. (2023). *Cyfrowy rozwój oświaty w JST (opis projektu: działania i rezultaty)*. <https://ore.edu.pl/2023/10/cyfrowy-rozwoj-oswiaty-w-jednostkach-samorządu-terytorialnego-zjst-o-projekcie/>
- Ośrodek Rozwoju Edukacji. (2024). *Jak odnaleźć drogę do sukcesu w cyfrowym świecie? Cyfrowy rozwój oświaty w gminie Wojkowie*. <https://ore.edu.pl/2024/11/jak-odnalezc-droge-do-sukcesu-w-cyfrowym-swiecie-cyfrowy-rozwoj-oswiaty-w-gminie-wojkowie/>
- Ośrodek Rozwoju Edukacji. (2025, 26 lutego). *Cyfrowy rozwój oświaty w jednostkach samorządu terytorialnego – szkolenie i doradztwo dla kadry JST*. <https://ore.edu.pl/category/cyfrowy-rozwoj-oswiaty-w-jednostkach-samorządu-terytorialnego-szkolenie-i-doradztwo-dla-kadr-jst/>
- Transformacja cyfrowa samorządu gminnego w Polsce. (2023). W: Nowicka, E. (Red.), *Transformacja cyfrowa samorządu gminnego w Polsce* (s. 78-93). Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu.
- UKE. (2023). *Raport o stanie rynku telekomunikacyjnego w Polsce w 2022 roku*. Urząd Komunikacji Elektronicznej.
- United Nations Statistics Division. (2023). Data sources, collection and processing. W: *Handbook* (Ch. 8). https://unstats.un.org/capacitydevelopment/handbook/chapters/Ch8_Handbook_20230417.pdf
- Van Deursen, A. J. A. M., & Helsper, E. J. (2017). Digital skills in Europe: Research and policy. W: A. J. A. M. Van Deursen & E. J. Helsper (Red.), *Digital divides: The new challenges and opportunities of e-government* (s. 53-72). https://www.computing-conf.org/wp-content/uploads/2022/11/3_ICWI2022_S_053.pdf
- Vachkova, S. N., Petryaeva, E. Y., Milyaeva, D. A., Ageeva, N. S., & Mikhailova, S. V. (2022). Analytical review of education policies on digital transformation of school education worldwide. *European Proceedings of Educational Sciences*, 22043(23), 248-270.
- Zieliński, R. (2023). Cyfrowa edukacja dziś: Między szansą a wyzwaniem – studium porównawcze. *Edukacja Biologiczna i Środowiskowa*, 2(80), 234-267.
- Związek Cyfrowa Polska. (2023). *Cyfrowa Szkoła 4.0 – raport z badania nauczycieli*.
- Ziółkowska, A. (2023). Wrażliwość społeczna władzy w kontekście dostępności cyfrowej administracji. W: S. Dudzik, I. Kawka, & R. Śliwa (Red.), *Obywatel w centrum działań e-administracji w Unii Europejskiej* (s. 119-140). Księgarnia Akademicka.