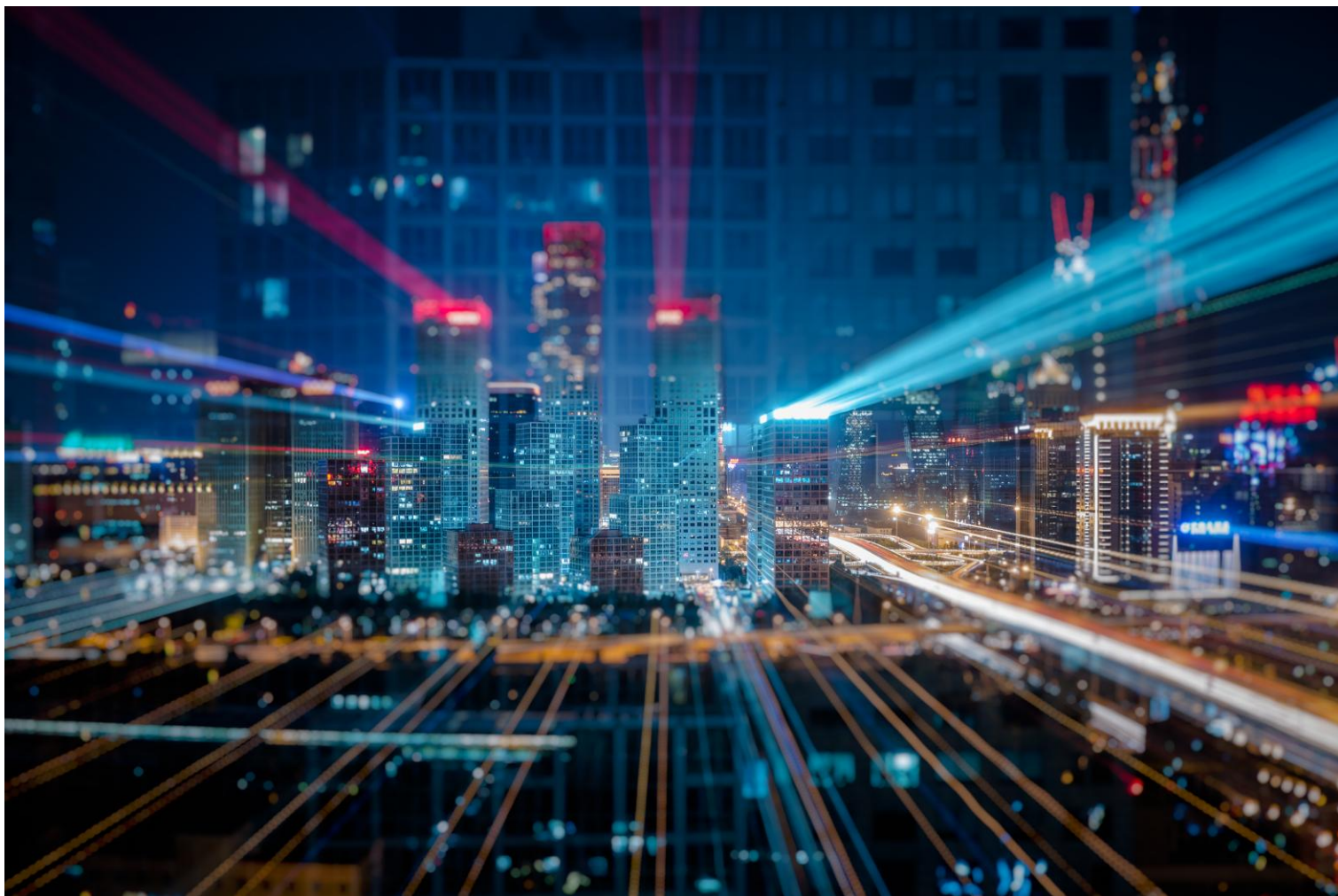


Transformacja cyfrowa miast w Polsce i Europie. Diagnoza dojrzałości smart city

RAPORT Z BADAŃ



Opracowanie:

SABINA KAUF, AGNIESZKA TŁUCZAK, IWONA PISZ, SABINA WYRWICH-PŁOTKA, ANNA BRUSKA,
NATALIA BOICHUK | UNIWERSYTET OPOLSKI | 2025

Spis treści

Streszczenie	2
1. Wprowadzenie - Kontekst i ramy teoretyczne transformacji cyfrowej miast	5
2. Cel i znaczenie badania	13
3. Metodyka badań	17
4. Diagnoza rozwoju smart city i wykorzystania technologii ICT – wyniki badań ankietowych.....	33
4.1. Smart Environment - cyfrowe zarządzanie środowiskiem miejskim.....	33
4.2. Smart Mobility – cyfrowa transformacja systemów transportu miejskiego	51
4.3. Smart Living – jakość życia w cyfrowym mieście.....	65
4.4. Smart Governance – cyfryzacja i partycypacja w zarządzaniu miastem	78
4.5. Smart Economy – innowacyjność i cyfryzacja gospodarki miejskiej.....	100
4.6. Smart people – kapitał ludzki i infrastruktura cyfrowa miasta	117
5. Miasta w drodze do inteligentnej przyszłości – wnioski z wywiadów pogłębionych.....	130
6. Rekomendacje dla władz samorządowych wynikające z analizy wdrożeń smart city w wybranych polskich miastach	147
7. Synteza wyników badań ilościowych i implikacje dla rozwoju systemu zarządzania danymi w miastach.....	152
8. Podsumowanie poziomu dojrzałości smart city, kluczowe czynniki sukcesu, identyfikacja barier.....	156
Spis rysunków	165
Spis tabel	167

Streszczenie

Raport stanowi wieloaspektową diagnozę transformacji cyfrowej miast w Polsce i w Europie, osadzoną w kontekście globalnych megatrendów urbanizacyjnych, technologicznych i środowiskowych. Autorzy podkreślają, że wzrost populacji miejskiej oraz rosnąca złożoność funkcji miejskich wymuszają przejście od zarządzania reaktywnego do modelu proaktywnego i opartego na danych, który stanowi fundament współczesnej koncepcji smart city. Transformacja cyfrowa miast została przedstawiona jako proces ewolucyjny, w którym technologie nie są celem samym w sobie, lecz narzędziem zwiększania adaptacyjności i odporności miast, umożliwiając przechodzenie od wczesnych modeli Smart City 1.0 do bardziej zaawansowanych formuł 4.0 i 5.0.

Badanie wykorzystuje triangulację metodologiczną – analizę wskaźników opartych na normach ISO oraz wywiady zogniskowane z przedstawicielami sześciu polskich miast: Warszawy, Lublina, Rzeszowa, Kielc, Krakowa i Gdańska. Wyniki jakościowe ujawniają, że transformacja smart city ma w Polsce charakter zróżnicowany i silnie zależny od lokalnych zasobów organizacyjnych i instytucjonalnych. Miasta różnią się nie tyle zakresem podstawowych wdrożeń, ile stopniem integracji danych, tempem konsolidacji systemów oraz dojrzałością modeli zarządzania cyfrowego. Warszawa wyłania się jako lider integracji danych i zaawansowanych usług cyfrowych, Lublin i Gdańsk intensyfikują działania w obszarze transportu niskoemisyjnego i polityki danych, Rzeszów pełni funkcję laboratorium innowacji, a Kielce koncentrują się na porządkowaniu fundamentów danych i przygotowaniu do wdrożeń bardziej złożonych rozwiązań cyfrowych.

Analiza przedstawiona w raporcie podkreśla, że sukces transformacji smart city nie zależy wyłącznie od inwestycji w technologię, lecz od kultury organizacyjnej i zdolności instytucjonalnych do wykorzystania danych w planowaniu miejskim. Dojrzałość cyfrową determinują: interoperacyjność systemów, gotowość do wdrażania mechanizmów analitycznych, stopień automatyzacji procesów oraz zdolność włączenia mieszkańców w proces współtworzenia polityk miejskich. W porównaniu z miastami europejskimi polskie miasta znajdują się nadal w fazie selektywnej implementacji technologii. W Europie obserwuje się integrację danych, automatyzację procesów oraz szerokie stosowanie modeli predykcyjnych; w Polsce dane wykorzystywane są głównie operacyjnie, np. do monitoringu lub sprawozdawczości, a nie jako strategiczny zasób w zarządzaniu miejskim. Dotyczy to wszystkich analizowanych wymiarów – od mobilności, przez środowisko i gospodarkę, po partycypację i jakość życia.

W wymiarze Smart People autorzy wskazują, że polskie miasta znajdują się w fazie konsolidacji, w której inicjatywy edukacyjne, partycypacyjne i integracyjne są już realizowane, lecz nie tworzą jeszcze spójnego, instytucjonalnego ekosystemu społeczeństwa informacyjnego. Dane społeczne są wykorzystywane punktowo, a współpraca z sektorem nauki ma najczęściej charakter projektowy, a nie systemowy. Jednocześnie w europejskich miastach partycypacja cyfrowa ma charakter strategiczny, a dane o aktywności mieszkańców stanowią element planowania rozwoju i miernik dojrzałości cyfrowej.

W wymiarze Smart Governance raport ukazuje rosnące znaczenie strategii cyfrowych oraz modeli koordynacji międzywydziałowej. Miasta europejskie osiągnęły etap systemowej konsolidacji, podczas gdy w Polsce struktury odpowiedzialne za smart city są nadal rozproszone, a integracja procesów decyzyjnych wciąż się kształtuje.

W Smart Economy i Smart Environment badane miasta w różnym stopniu rozwijają zaawansowane systemy energetyczne, gospodarki wodnej i odpadami, jednak ich integracja z procesami decyzyjnymi i strategicznymi pozostaje ograniczona. Polskie miasta przechodzą etap konsolidacji, podczas gdy europejskie wykorzystują technologie Industry 4.0 jako część zintegrowanych strategii gospodarczych i środowiskowych, wspieranych przez interoperacyjne ekosystemy danych.

W obszarze cyberbezpieczeństwa raport wskazuje, że polskie miasta dysponują podstawową infrastrukturą i procedurami, lecz brakuje im podejścia proaktywnego i analitycznego. W Europie bezpieczeństwo danych jest integralnym elementem strategicznego zarządzania, ściśle powiązaniem z transparentnością, raportowaniem incydentów oraz stosowaniem narzędzi AI do wykrywania zagrożeń.

Raport zawiera obszerny zestaw rekomendacji, obejmujący: umocowanie smart city w politykach rozwojowych, rozwój struktur koordynacji, standaryzację i integrację danych, rozwój kompetencji analitycznych i cyfrowych, wzmocnienie partycypacji społecznej, przeciwdziałanie wykluczeniu cyfrowemu, rozwój systemów cyberbezpieczeństwa oraz współpracę między miastami. Rekomendacje te opierają się na analizie empirycznej i mają charakter rozwojowy, wskazując kierunki, które mogą przyspieszyć proces przejścia od punktowych wdrożeń do spójnej logiki smart city opartej na danych, zaufaniu społecznym i odporności systemowej.

W ujęciu syntetycznym raport ukazuje, że transformacja cyfrowa miast jest procesem wieloetapowym, zależnym od stopnia instytucjonalizacji działań, dojrzałości struktur zarządczych

oraz zdolności miast do integracji danych i koordynacji międzysektorowej. Wyniki badań empirycznych dowodzą, że mimo znacznego zaawansowania infrastrukturalnego, polskie samorządy wciąż znajdują się na etapie konsolidacji i porządkowania działań cyfrowych, podczas gdy miasta europejskie osiągają wyższy poziom spójności systemów i dojrzałości analitycznej. Raport wskazuje, że dalszy rozwój modeli smart city w Polsce wymaga ukierunkowania procesu transformacji z poziomu wdrożeń punktowych na poziom rozwiązań systemowych, obejmujących integrację danych, standaryzację procesów, wzmacnianie kompetencji cyfrowych i analitycznych administracji oraz rozwijanie mechanizmów współpracy z mieszkańcami. Wnioski końcowe podkreślają, że to nie technologia, lecz zdolność jej instytucjonalnego zakorzenienia i operacjonalizacji stanowi kluczowy czynnik determinujący perspektywę dojrzewania cyfrowego polskich miast.

1. Wprowadzenie – kontekst i ramy teoretyczne transformacji cyfrowej miast

Miasta XXI wieku są miejscem, w którym krzyżują się kluczowe megatrendy: urbanizacja, cyfryzacja, transformacja energetyczna oraz rosnąca presja klimatyczna. Zgodnie z prognozami ONZ, udział populacji miejskiej w 2020 roku przekroczył 56 % i przewiduje się, że do roku 2050 wzrośnie do około 66-68 % (ONZ 2022). Ten dynamiczny, wykładniczy wzrost populacji miejskiej wymusza na miastach przejście z modelu reaktywnego zarządzania do modelu proaktywnego i opartego na danych, charakterystycznego dla idei smart city. Sama rozbudowa tradycyjnej infrastruktury – sieci transportowych, wodno-kanalizacyjnych czy energetycznych – nie jest już wystarczająca. Miasta muszą integrować rozwiązania cyfrowe, interoperacyjne i skalowalne, które pozwalają na monitorowanie procesów w czasie rzeczywistym i szybsze reagowanie na wyzwania urbanistyczne. W literaturze podkreśla się, że to właśnie transformacja cyfrowa staje się podstawą zdolności adaptacyjnej systemów miejskich, umożliwiając przejście od Smart City 1.0 do 4.0 i 5.0 (Mupfumira et al. 2024).

Ewolucja koncepcji smart city ukazuje, że mamy do czynienia z ideą dynamiczną, wrażliwą na zmiany technologiczne, środowiskowe i społeczne. Smart city nie jest pojęciem statycznym – to paradygmat, który w kolejnych dekadach przekształcał się z wizji miasta-maszyny w model miasta postrzeganego jako złożony ekosystem społeczno-techniczny. Pierwszy etap, dziś określany mianem Smart City 1.0, koncentrował się na wdrażaniu inteligentnych systemów infrastrukturalnych, takich jak oświetlenie uliczne sterowane czujnikami, zautomatyzowany monitoring czy podstawowe systemy zarządzania ruchem. Był to etap silnie zdominowany przez logikę inżynierską i zarządzanie typu top-down, w którym mieszkańcy pozostawali głównie pasywnymi odbiorcami gotowych rozwiązań projektowanych przez władze i sektor prywatny (Hollands, 2008). Choć przyniósł on znaczący postęp w automatyzacji procesów miejskich, jednocześnie ujawnił ograniczenia takiego podejścia – nadmierna koncentracja na technologii groziła utratą wymiaru społecznego i pogłębianiem dystansu między administracją a obywatelami (Kitchin 2015).

Na tym tle narodziła się koncepcja Smart City 2.0, która przesunęła punkt ciężkości z pojedynczych wdrożeń infrastrukturalnych na wykorzystanie danych jako strategicznego zasobu rozwoju. Rozwój Internetu Rzeczy, Big Data i narzędzi analitycznych umożliwił obserwację miasta w czasie rzeczywistym i lepsze dopasowanie działań administracji do potrzeb mieszkańców. Miasta takie jak Londyn, Helsinki czy Kopenhaga zaczęły udostępniać platformy otwartych

danych, zwiększając transparentność działań władz i jednocześnie stymulując powstawanie nowych usług tworzonych przez sektor prywatny i środowisko innowatorów. Etap ten przyniósł także wzrost świadomości, że skuteczność technologii zależy od ich społecznej legitymizacji i włączenia obywateli w procesy współtworzenia polityk miejskich (Szołtysek 2017).

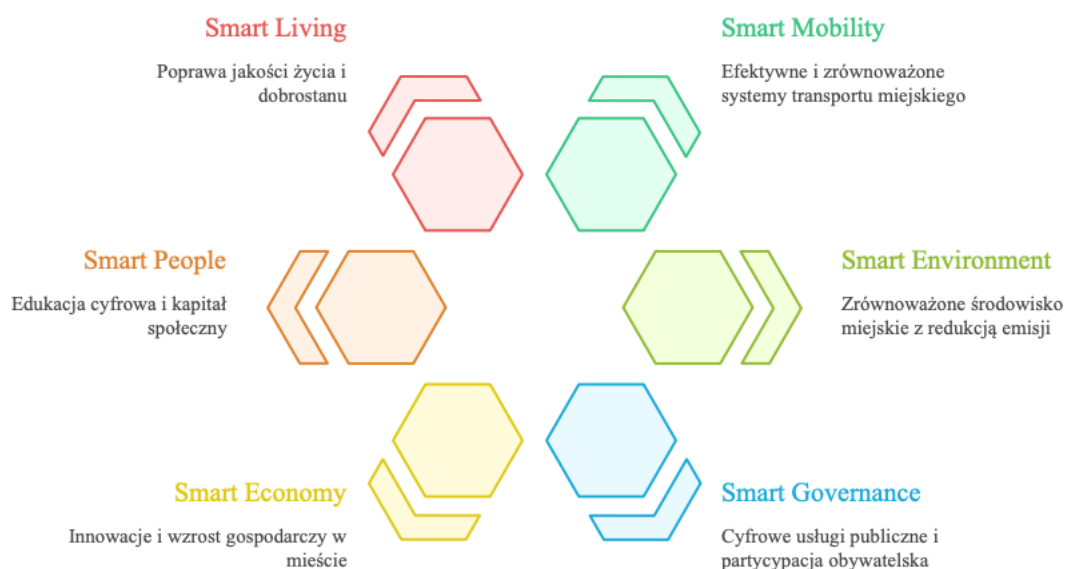
Kolejny etap – Smart City 3.0 – uczynił partycypację mieszkańców kluczowym elementem inteligentnego miasta. Miasto zaczęło funkcjonować jako platforma współpracy, w której mieszkańcy przestali być jedynie odbiorcami usług, a stali się aktywnymi współtwórcami rozwiązań, prosumentami danych i uczestnikami procesów crowdsourcingowych. Amsterdam i Wiedeń rozwijały w tym czasie koncepcje living labs, umożliwiające testowanie nowych rozwiązań w warunkach rzeczywistych, z udziałem lokalnych społeczności. Zmienił się także sposób pomiaru rozwoju – obok wskaźników ekonomicznych zaczęto uwzględniać mniej wymierne, lecz kluczowe dla dobrostanu mieszkańców aspekty, takie jak innowacyjność, kreatywność czy subiektywna satysfakcja z życia w mieście (Gehl 2014, S. 3). Był to moment, w którym idea smart city odzyskała wymiar humanistyczny i relacyjny.

Współczesny etap, określany mianem Smart City 4.0, przesuwa nacisk na integrację technologii z celami strategicznymi, takimi jak neutralność klimatyczna, zrównoważony rozwój i odporność systemowa. Miasta w tym ujęciu zaczynają funkcjonować jak uczące się organizmy, zdolne do gromadzenia i przetwarzania danych w czasie rzeczywistym, symulowania scenariuszy przyszłości i planowania działań prewencyjnych. Wykorzystanie cyfrowych bliźniaków, sztucznej inteligencji i zaawansowanej analityki predykcyjnej umożliwia modelowanie ryzyka i optymalizację procesów miejskich – od zarządzania infrastrukturą po planowanie mobilności. Rotterdam wykorzystuje cyfrowe modele do zarządzania zagrożeniami powodziowymi, a Singapur wdraża systemy predykcyjne, które minimalizują zatory drogowe i redukują emisje zanieczyszczeń (Batty et al. 2012).

Coraz częściej w literaturze i praktyce pojawia się również pojęcie Smart City 5.0, które kładzie nacisk na prymat człowieka nad technologią i human-centric character rozwoju miast. W tej wizji technologia ma służyć nie tylko optymalizacji procesów, ale przede wszystkim podnoszeniu jakości życia, wzmacnianiu spójności społecznej i zapewnianiu inkluzywności. Smart City 5.0 nawiązuje do koncepcji Society 5.0, promującej równowagę między innowacjami technologicznymi a potrzebami człowieka, etyką danych i zasadą równego dostępu do zasobów miejskich (Fukuyama 2018; Narvaez Rojas et al. 2021). W takim ujęciu miasto staje się

przestrzenią współtworzenia rozwiązań opartych na zaufaniu, współodpowiedzialności i dążeniu do długofalowego dobrostanu mieszkańców.

Wymogi transformacji smart city obejmują wszystkie sześć wymiarów smart city zidentyfikowanych przez Vienna University of Technology, które tworzą kompleksowy, wielowymiarowy model pozwalający na systematyczną diagnozę poziomu cyfrowej dojrzałości miast oraz porównanie ich ścieżek rozwojowych (Giffinger et al. 2007). Model ten ma znaczenie szczególne, ponieważ ujmuje miasto jako system naczyń połączonych – technologię, kapitał ludzki, infrastrukturę i zarządzanie. Tym samym pozwala ocenić nie tylko postęp w poszczególnych obszarach, lecz także ich wzajemne zależności (rys. 1).



Rysunek 1. Struktura smart city

Źródło: opracowanie własne z użyciem Napkin AI.

Pierwszy z wymiarów – *smart mobility* – obejmuje całościowe podejście do planowania i organizacji transportu miejskiego, którego celem jest zapewnienie efektywnego, dostępnego i zrównoważonego systemu mobilności. Współczesne miasta wdrażają inteligentne systemy transportowe (ITS), które integrują dane o natężeniu ruchu, stanie infrastruktury i poziomach emisji, umożliwiając dynamiczne zarządzanie przepływami pojazdów, optymalizację sygnalizacji świetlnej i lepsze planowanie inwestycji infrastrukturalnych (Avcı/Koca 2024). Badania porównawcze strategii mobilności 14 średnich miast nordyckich pokazują, że integracja danych o ruchu i emisjach prowadzi do spójniejszego wdrażania polityk zgodnych z EU *Sustainable Urban*

Mobility Planning, skutkując redukcją zatłoczenia i poprawą jakości powietrza (Müller-Eie/Kosmidis 2023). Wymiar *smart mobility* obejmuje również transformację struktury modalnej poprzez promocję transportu zbiorowego, elektromobilności i mikromobilności. Wprowadzenie współdzielonych form transportu, takich jak e-hulajnogi i rowery miejskie, sprzyja ograniczeniu korzystania z samochodów prywatnych oraz redukcji emisji CO₂ (Asensio et al. 2022). Polityki promujące zmianę modalną w kierunku transportu zbiorowego i aktywnego stanowią jeden z najbardziej efektywnych sposobów ograniczania emisji i poprawy jakości środowiska miejskiego (Winkler et al. 2023). W wymiarze operacyjnym rozwój *smart mobility* wymaga planowania i rozbudowy infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych, wdrażania systemów współdzielonej mikromobilności oraz integracji cyfrowych narzędzi planowania podróży w czasie rzeczywistym, które umożliwiają mieszkańcom podejmowanie optymalnych decyzji transportowych (Ma/Fang 2022). Ważnym elementem jest harmonizacja taryf biletowych i rozkładów jazdy oraz rozwój usług *Mobility-as-a-Service* (MaaS), które łączą różne środki transportu w jeden spójny system i minimalizują bariery przesiadkowe (Ho/Tirachini 2024). Dzięki temu możliwe jest stworzenie koherentnego ekosystemu transportowego, w którym transport publiczny, usługi na żądanie i mikromobilność funkcjonują w sposób zsynchronizowany, zapewniając przewidywalność i ciągłość procesów przemieszczania się w przestrzeni miejskiej.

Drugi wymiar – *smart environment* skupia się na kształtowaniu zrównoważonego środowiska miejskiego poprzez redukcję emisji gazów cieplarnianych, systematyczne podnoszenie jakości powietrza i zasobów wodnych, wdrażanie planów adaptacji do zmian klimatycznych oraz rozwój gospodarki o obiegu zamkniętym, minimalizującej straty surowców i energii. Miasta implementujące systemy monitoringu jakości powietrza oraz zaawansowane narzędzia zarządzania energią redukują wydatki energetyczne i jednocześnie poprawiają warunki zdrowotne mieszkańców, przyczyniając się do wzrostu produktywności oraz zwiększenia atrakcyjności inwestycyjnej (Schiavo/Magalhães 2022). Wymiar środowiskowy wymaga także rozwiązań w zakresie retencji wody, recyklingu odpadów i zarządzania terenami zielonymi, tak aby adaptować miasta do coraz częstszych zjawisk ekstremalnych, takich jak fale upałów czy powodzie. Ten wymiar stanowi istotną bazę dla wszystkich pozostałych: bez zdrowego środowiska i sprawnej infrastruktury ekologicznej trudno osiągnąć pełnię potencjału *smart city* — w mobilności, gospodarce, jakości życia czy zarządzaniu — ponieważ degradacja środowiska obniża

efektywność systemów, zwiększa koszty zdrowotne i ogranicza zdolność adaptacyjną mieszkańców.

Smart governance – trzeci z wymiarów podkreśla znaczenie cyfryzacji usług publicznych, otwartości danych, rozwoju e-administracji oraz narzędzi partycypacji obywatelskiej, które wzmacniają legitymację procesów decyzyjnych i podnoszą przejrzystość działań władz. Wysoki poziom tego wymiaru oznacza wdrażanie zintegrowanych platform cyfrowych, umożliwiających mieszkańcom nie tylko dostęp do informacji, lecz także aktywny udział w kształtowaniu polityk publicznych, np. poprzez konsultacje społeczne, platformy zgłaszania problemów czy budżety obywatelskie. Literatura wskazuje, że miasta wykorzystujące te narzędzia budują wyższy poziom zaufania społecznego, a realizowane inwestycje są lepiej dostosowane do potrzeb mieszkańców i charakteryzują się większą akceptacją społeczną (Giffinger et al. 2007). W tym ujęciu *governance* nie ogranicza się do technologicznej sprawności administracji, ale obejmuje także tworzenie mechanizmów współodpowiedzialności za rozwój miasta, wzmacnianie inkluzywności procesów decyzyjnych oraz podnoszenie jakości instytucji lokalnych. Rozwój *smart governance* jest zatem warunkiem efektywnego wdrażania pozostałych wymiarów smart city, ponieważ integruje interesariuszy, zapewnia przejrzystość zarządzania danymi i stanowi podstawę budowy zaufania, bez którego transformacja cyfrowa nie może się powieść.

Kolejny wymiar *smart economy* obejmuje zdolność miasta do stymulowania innowacji, przedsiębiorczości i przyciągania inwestycji poprzez tworzenie sprzyjającego ekosystemu gospodarczego. Miasta osiągające wysokie wyniki w tym obszarze charakteryzują się rozwiniętą infrastrukturą instytucjonalną i biznesową, w której współistnieją dynamiczne środowiska startupowe, powiązane klastry badawczo-rozwojowe, inkubatory i akceleratory przedsiębiorczości oraz mechanizmy wspierające transfer technologii z sektora nauki do gospodarki (Schiavo/Magalhães 2022). Wysoki poziom smart economy oznacza również zdolność do przyciągania kapitału, talentów oraz inwestorów zewnętrznych, przekładając się na wzrost gospodarczy i konkurencyjność miasta w skali krajowej oraz międzynarodowej. W kontekście transformacji cyfrowej wymiar ten obejmuje ponadto rozwój infrastruktury danych, zapewnienie cyberbezpieczeństwa, standaryzację i interoperacyjność systemów, tworzących fundament dla rozwoju lokalnych rynków cyfrowych, gospodarki platformowej oraz usług opartych na danych. Wzmacnianie smart economy wymaga także polityki wspierającej innowacje społeczne i gospodarcze, zachęcającej do współpracy między samorządami, sektorem prywatnym i

środowiskiem naukowym. W efekcie umożliwia to powstawanie nowych modeli biznesowych i długofalowe zwiększanie odporności ekonomicznej miast.

Wymiar *smart people* akcentuje kluczową rolę edukacji cyfrowej, kreatywności i kapitału społecznego w budowaniu miasta zdolnego do adaptacji i innowacji. Obejmuje nie tylko rozwój kompetencji technicznych i cyfrowych mieszkańców, lecz także kształtowanie postaw sprzyjających aktywnemu uczestnictwu w procesach współdecydowania i współtworzenia usług publicznych (Leclercq/Rijshouwer 2022). Niedostateczny poziom umiejętności cyfrowych w społeczności lokalnej oraz w administracji miejskiej ogranicza skalę wdrażania zaawansowanych rozwiązań technologicznych, prowadzi do nierównego dostępu do usług publicznych i osłabia akceptację dla innowacji.

Rozwijanie tego wymiaru wymaga inwestycji w powszechną edukację cyfrową, programy podnoszenia kwalifikacji i szkolenia dla kadr urzędniczych, a także tworzenia mechanizmów partycypacyjnych umożliwiających mieszkańcom realny wpływ na projektowanie, testowanie i ewaluację polityk miejskich. Równolegle należy wzmacniać inkluzyjność dialogu społecznego i zapewniać dostęp do narzędzi cyfrowych grupom narażonym na wykluczenie, co zmniejsza ryzyko powiększania się nierówności społecznych w procesach transformacji cyfrowej. W długim horyzoncie działania te wzmacniają kapitał społeczny, budują zaufanie i poczucie współodpowiedzialności, a tym samym zwiększają skuteczność wdrażania rozwiązań smart city i umożliwiają bardziej zrównoważony rozwój w pozostałych wymiarach, w tym smart governance, smart mobility czy smart living (Bastos et al. 2022). Musi dojść do projektowania mechanizmów włączających obywateli w projektowanie i ewaluację polityk miejskich, np. przez platformy konsultacyjne i narzędzia *open government*. W tym kontekście należy także rozwijać dialog społeczny inkluzyjny, który uwzględnia różnorodność poziomów kompetencji, bariery cyfrowe oraz potrzeby osób marginalizowanych (Kolotouchkina et al. 2024). W dłuższej perspektywie działania te wzmacniają kapitał społeczny, budują zaufanie, poczucie współodpowiedzialności i zwiększają skuteczność transformacji cyfrowej.

Ostatni z wymiarów – *smart living* obejmuje działania ukierunkowane na kompleksową poprawę jakości życia mieszkańców, w tym zdrowie publiczne, bezpieczeństwo, dostęp do kultury, edukacji i rekreacji, a także kształtowanie wysokiej jakości przestrzeni publicznej (Chang/Smith 2023). Ten wymiar odzwierciedla w największym stopniu Humano centryczny charakter koncepcji smart city, ponieważ koncentruje się na tym, jak mieszkańcy doświadczają przestrzeni miejskich i

usług – czy czują się bezpiecznie, czy mają dostęp do terenów zielonych, czy infrastruktura społeczna sprzyja integracji i dobrostanowi (Rahbarianyzd 2024). *Smart living* obejmuje między innymi rozwój rozwiązań telemedycznych, inteligentne systemy monitorowania zdrowia, technologie wspierające bezpieczeństwo w przestrzeni publicznej, a także narzędzia służące planowaniu i rewitalizacji terenów zielonych. Wymaga integracji działań w obszarze transportu, mieszkalnictwa, kultury i edukacji, tak aby przestrzeń miejska sprzyjała aktywności fizycznej, partycypacji społecznej i integracji międzypokoleniowej. Istotnym elementem jest również projektowanie budynków i przestrzeni mieszkalnych w sposób zapewniający komfort akustyczny, wizualny i termiczny, co bezpośrednio wpływa na zdrowie mieszkańców i ich satysfakcję z życia w mieście. W perspektywie transformacji cyfrowej wymiar ten działa jako pomost między systemami technologicznymi miasta a doświadczeniami mieszkańców. Wdrożenie rozwiązań *smart living* wymaga synergii technologii cyfrowych (IoT, aplikacje mobilne, cyfrowe bliźniaki), polityk lokalnych (planowanie przestrzenne, normy jakości środowiska, standardy urbanistyczne) oraz mechanizmów włączających obywateli do współtworzenia i ewaluacji projektów miejskich. Dopiero tak zintegrowane podejście sprawia, że miasto nie tylko działa efektywnie, lecz także jest postrzegane jako przyjazne, inkluzywne i zrównoważone.

Pełna ocena wszystkich sześciu wymiarów smart city stanowi warunek niezbędny do zrozumienia rzeczywistego poziomu dojrzałości miasta, wykraczającego poza powierzchowne, technokratyczne wskaźniki. W ujęciu naukowym i praktycznym kluczowe jest postrzeganie miasta jako złożonego systemu społeczno-technicznego, w którym decyzje inwestycyjne, regulacyjne i organizacyjne w jednym obszarze generują skutki w innych, tworząc sieć powiązań i efektów zwrotnych. Holistyczne podejście umożliwia identyfikację synergii między wymiarami, minimalizację ryzyka fragmentaryzacji oraz projektowanie interwencji prowadzących do wzmocnienia odporności miejskiej, poprawy jakości środowiska i budowania inkluzywnego kapitału społecznego. W konsekwencji miasta stają się bardziej elastyczne wobec kryzysów, zdolne do redukcji śladu środowiskowego i wspierania równomiernego rozwoju społecznego.

Znaczenie przyjęcia całościowej, systemowej perspektywy w procesie transformacji miejskiej jest fundamentalne. Miasta generują ponad 70 % światowego PKB, lecz jednocześnie odpowiadają za ponad 70 % globalnych emisji gazów cieplarnianych i zużycia energii, co czyni je kluczowymi węzłami zarówno rozwoju gospodarczego, jak i presji środowiskowej (ONZ 2022). Oznacza to, że to właśnie na poziomie władz lokalnych rozstrzyga się skuteczność dążeń do neutralności

klimatycznej, budowania odporności systemowej oraz wzmacniania dobrostanu społecznego, rozumianego jako wysoka jakość życia, spójność społeczna i równość w dostępie do zasobów. Brak zintegrowanych strategii cyfryzacji i inteligentnego zarządzania skutkuje kumulacją problemów w wielu sferach jednocześnie – od niewydolności systemów transportowych i energetycznych, przez degradację środowiska, aż po erozję kapitału społecznego i malejącą atrakcyjność inwestycyjną. W dłuższej perspektywie prowadzi to do zjawiska peryferyzacji gospodarczej, które objawia się odpływem kapitału, utalentowanej siły roboczej oraz marginalizacją miasta w globalnych sieciach przepływu wiedzy i innowacji.

Całościowy model rozwoju smart city pozwala nie tylko na precyzyjną diagnozę poziomu cyfrowej dojrzałości w sześciu wymiarach (mobility, environment, governance, economy, people, living), ale również na projektowanie ścieżek transformacji w kierunku bardziej zaawansowanych etapów – Smart City 4.0 i 5.0. Z perspektywy samorządów w Polsce i w innych krajach europejskich ma to znaczenie strategiczne: umożliwia benchmarking z międzynarodowymi liderami, identyfikację luk rozwojowych, hierarchizację priorytetów inwestycyjnych i planowanie niezbędnych działań w zakresie rozwoju kompetencji cyfrowych kadr urzędniczych i mieszkańców.

Transformacja cyfrowa powinna być więc traktowana nie jako zbiór punktowych projektów technologicznych, lecz jako zintegrowany proces, w którym technologia, dane i mechanizmy współzarządzania stają się narzędziami służącymi budowaniu miast odpornych na zakłócenia, zdolnych do adaptacji w warunkach niepewności oraz sprzyjających inkluzywnemu rozwojowi społecznemu. Tak rozumiana transformacja jest kluczem do tego, by miasta stały się rzeczywistymi katalizatorami zrównoważonego rozwoju w XXI wieku.

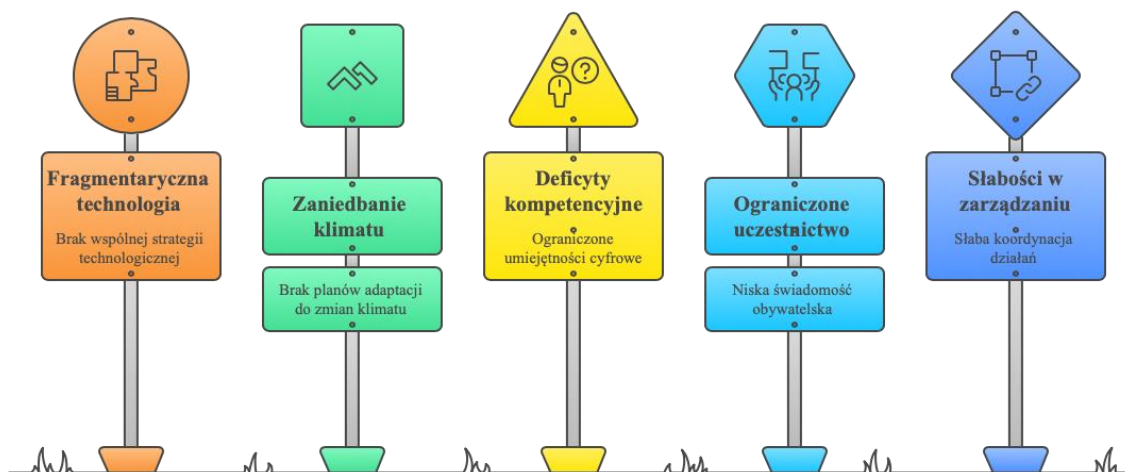
Na tym tle szczególnego znaczenia nabiera kompleksowa analiza wszystkich sześciu wymiarów smart city. Tylko perspektywa wielowymiarowa pozwala uchwycić rzeczywistą dojrzałość miasta – nie tylko w aspekcie technologicznym, ale także społecznym, instytucjonalnym i środowiskowym. Dzięki temu unika się redukcjonistycznego, technokratycznego myślenia, w którym sukces mierzony jest wyłącznie liczbą czujników czy stopniem automatyzacji. Miasto jest systemem naczyń połączonych, gdzie decyzje inwestycyjne w jednym obszarze wywołują skutki w innych, a ostatecznym miernikiem sukcesu jest jakość życia, zaufanie społeczne i zdolność do długofalowej adaptacji

2. Cel i znaczenie badania

Przyspieszająca transformacja cyfrowa oraz narastająca presja środowiskowa i społeczna czynią diagnozę poziomu dojrzałości cyfrowej miast nie tylko narzędziem badawczym, lecz wręcz strategicznym imperatywem współczesnego zarządzania miejskiego. Miasta generują ponad 70 % światowego PKB, ale (jak już wspomniano) odpowiadają także za ponad 70 % globalnych emisji gazów cieplarnianych i zużycia energii, co czyni je kluczowymi węzłami zarówno rozwoju gospodarczego, jak i presji środowiskowej. W praktyce oznacza to, że to właśnie na poziomie samorządów rozstrzyga się skuteczność działań na rzecz neutralności klimatycznej, odporności systemowej i dobrostanu społecznego – rozumianego szerzej jako wysoka jakość życia, spójność społeczna i równość w dostępie do zasobów.

Brak zintegrowanej diagnozy prowadzi do działania w logice gaszenia pożarów: miasta wdrażają pojedyncze rozwiązania technologiczne w reakcji na bieżące problemy, zamiast projektować systemowe strategie, które tworzą efekt synergii. Konsekwencją jest fragmentaryzacja wysiłków – systemy inteligentnego oświetlenia, zarządzania ruchem czy monitoringu środowiska funkcjonują w oderwaniu od siebie, a ich dane nie są wykorzystywane w sposób skoordynowany. To z kolei ogranicza skalę korzyści, jakie mogłyby powstać dzięki integracji i analizie informacji w czasie rzeczywistym.

Potrzeba badań empirycznych w tym obszarze jest zatem nie tylko uzasadniona, lecz niezbędna (rys. 2).



Rysunek 2. Wyzwania smart city

Źródło: opracowanie własne z użyciem Napkin AI.

Współczesne miasta mierzą się z pięcioma kluczowymi grupami wyzwań, które dowodzą konieczności przyjęcia perspektywy całościowej:

1. Fragmentaryczność wdrożeń technologicznych. Wiele miast inwestuje w pojedyncze projekty – inteligentne latarnie, sensory jakości powietrza, systemy ITS – jednak brak wspólnej strategii sprawia, że są to inicjatywy wyspowe, nieprzynoszące efektu skali i trudne w utrzymaniu w dłuższym horyzoncie.
2. Zaniedbanie aspektu klimatycznego. Bez precyzyjnego monitorowania śladu węglowego oraz wdrażania planów adaptacji do zmian klimatu, projekty mają charakter doraźny i nie przekładają się na długofalową neutralność klimatyczną, która jest dziś fundamentem polityk miejskich w UE.
3. Deficyty kompetencyjne. Brak umiejętności cyfrowych wśród mieszkańców i kadr urzędniczych ogranicza potencjał wdrażanych rozwiązań. Technologie pozostają niewykorzystane lub używane w sposób nieoptymalny, co obniża ich efektywność i zwrot z inwestycji publicznych.
4. Ograniczona partycypacja społeczna. Niska świadomość i zaangażowanie mieszkańców prowadzą do ryzyka oporu społecznego, niewykorzystania lub wręcz odrzucenia projektów, które były kosztowne i czasochłonne w implementacji.
5. Słabości *governance*. Brak standardów interoperacyjności, niewystarczające procedury cyberbezpieczeństwa, rozproszone dane i niejasne procesy decyzyjne utrudniają koordynację działań i obniżają zaufanie do władz publicznych.

Wszystkie te czynniki prowadzą do wniosku, że miasta potrzebują narzędzia, które nie tylko wskaże ich miejsce na mapie dojrzałości cyfrowej, ale także odpowie na pytanie dlaczego ich transformacja zatrzymała się na etapie Smart City 1.0, 2.0 lub 3.0, jakie są bariery utrudniające przejście do kolejnych poziomów oraz które mechanizmy mogą stać się dźwigniami rozwoju.

Projekt „Miasto 4.0 – Uniwersalny Model Dojrzałości” jest właśnie taką odpowiedzią. Stanowi on nie tylko badanie empiryczne, lecz również propozycję ram strategicznych dla miast w Polsce i Europie. Jego celem jest dostarczenie samorządom kompleksowego narzędzia diagnostycznego, które umożliwi ocenę stopnia cyfrowej dojrzałości w sześciu wymiarach smart city (mobility, environment, economy, people, governance, living), a następnie wskaże realistyczne scenariusze rozwoju w kierunku bardziej zaawansowanych etapów – Smart City 4.0 i 5.0.

Badanie zostało zaprojektowane w oparciu o triangulację danych: szeroką ankietę ilościową skierowaną do wszystkich miast wojewódzkich w Polsce oraz do wybranych miast europejskich, a także pogłębione wywiady jakościowe z przedstawicielami wybranych samorządów terytorialnych. Takie podejście pozwala zestawić twarde wskaźniki technologiczne z wiedzą o procesach decyzyjnych, strukturach organizacyjnych i barierach wdrożeniowych. Efektem jest dynamiczny i wielowymiarowy obraz, pokazujący nie tylko aktualną pozycję miast na osi dojrzałości, lecz także wyjaśniający przyczyny stagnacji i wskazujący możliwe ścieżki rozwoju. Znaczenie tak zaprojektowanego badania wykracza daleko poza prostą diagnozę stanu wdrożeń technologicznych. Triangulacja ilościowych i jakościowych źródeł danych pozwala uchwycić złożoną logikę rozwoju miast – od infrastruktury i inwestycji po kulturę organizacyjną i mechanizmy partycypacji społecznej – co jest kluczowe w warunkach gwałtownie rosnącej złożoności środowiska miejskiego. Sama obecność czujników IoT, systemów big data czy platform e-usług nie jest jeszcze równoznaczna z dojrzałością cyfrową, jeśli brakuje kompetencji ich obsługi, interoperacyjności systemów czy polityk zapewniających otwartość i bezpieczeństwo danych. Badanie weryfikuje więc, na ile wdrożenia technologiczne przekładają się na realną poprawę jakości życia, efektywność procesów i odporność systemów miejskich. Dzięki włączeniu wywiadów pogłębionych możliwe jest również zrozumienie uwarunkowań, które nie są widoczne w statystykach – takich jak motywacje decydentów, zdolności przywódcze, gotowość do podejmowania ryzyka innowacyjnego czy bariery mentalne po stronie mieszkańców. Analiza porównawcza miast polskich i europejskich pozwala zidentyfikować luki rozwojowe, ale też wskazuje dobre praktyki i modele, które mogą zostać zaadaptowane w polskich realiach, z uwzględnieniem lokalnych zasobów i ograniczeń. W ten sposób badanie nie tylko opisuje rzeczywistość, lecz pełni funkcję prognostyczną i normatywną – stanowi narzędzie strategiczne, które może wspierać samorządy w planowaniu długofalowych działań, hierarchizacji priorytetów inwestycyjnych oraz wdrażaniu rozwiązań zgodnych z celami Europejskiego Zielonego Ładu i polityki spójności. Takie ujęcie zwiększa szansę, że transformacja cyfrowa nie będzie zbiorem punktowych projektów, lecz spójną, systemową ścieżką dojścia do Smart City 5.0 – miasta odpornego, inkluzywnego i zdolnego do regeneracji w obliczu przyszłych kryzysów.

Cele badania wynikają z potrzeby dostarczenia samorządom praktycznego narzędzia wspierającego podejmowanie decyzji w warunkach rosnącej złożoności i niepewności rozwojowej. Mają one charakter zarówno aplikacyjny, jak i strategiczny – ich realizacja pozwala nie tylko na

ocenę obecnego poziomu dojrzałości cyfrowej miast, ale także na zaprojektowanie skutecznych ścieżek transformacji, które prowadzą od wdrożeń punktowych do w pełni zintegrowanego modelu Smart City 4.0 i 5.0. Cele badania zostały sformułowane tak, aby odpowiadały zarówno na potrzeby praktyczne samorządów, jak i na wyzwania badawcze związane z rosnącą złożonością procesów transformacji cyfrowej miast. Mają one charakter strategiczny i aplikacyjny – ich realizacja dostarcza nie tylko diagnozy stanu obecnego, lecz także wskazuje możliwe kierunki i tempo dalszych działań. W szczególności badanie ma na celu:

- Przeprowadzenie diagnozy poziomu dojrzałości smart city – w sześciu wymiarach zdefiniowanych w modelu Vienna University of Technology (smart mobility, smart environment, smart economy, smart people, smart governance, smart living), z uwzględnieniem technologii Industry 4.0 (IoT, big data, AI, cyfrowe bliźniaki) oraz human-centric podejścia typowego dla Smart City 5.0.
- Identyfikację barier i dźwigni rozwojowych – finansowych, kompetencyjnych, regulacyjnych i technologicznych, które warunkują tempo przechodzenia między kolejnymi etapami dojrzałości.
- Benchmarking i tworzenie map ścieżek rozwoju – wskazanie miast-liderów i uczestników opóźnionych, zaprojektowanie scenariuszy transformacji dostosowanych do lokalnych uwarunkowań, zasobów i budżetów, umożliwiających efektywne przechodzenie od poziomów 1.0–2.0 do 4.0–5.0.
- Formułowanie rekomendacji strategicznych – przygotowanie zaleceń dla samorządów dotyczących priorytetów inwestycyjnych, standardów danych i interoperacyjności, rozwoju kompetencji cyfrowych oraz mechanizmów partycypacji mieszkańców.
- Uwzględnienie perspektywy europejskiej – porównanie polskich miast z wybranymi miastami w Europie, identyfikacja praktyk możliwych do transferu i określenie rozwiązań regulacyjnych oraz finansowych wspierających przyspieszenie transformacji cyfrowej.

Realizacja tak zdefiniowanych celów wymagała zastosowania złożonego, wieloetapowego podejścia badawczego, które umożliwia zarówno uchwycenie aktualnego poziomu dojrzałości cyfrowej miast, jak i identyfikację czynników umożliwiających lub blokujących ich dalszy rozwój. Dlatego projekt „Miasto 4.0 – Uniwersalny Model Dojrzałości” został oparty na triangulacji danych, łączącej analizę ilościową i jakościową. Wykorzystano szeroką ankietę skierowaną do wszystkich 18 miast wojewódzkich w Polsce oraz do 10 wybranych miast europejskich, co

pozwoili na pozyskanie danych porównawczych w skali międzynarodowej. Uzupełnieniem tej części są pogłębione wywiady jakościowe z przedstawicielami sześciu samorządów, które dostarczyły wglądu w procesy decyzyjne, uwarunkowania organizacyjne oraz bariery wdrożeniowe. Takie podejście zapewnia nie tylko rzetelność i wiarygodność wyników, lecz także ich przydatność praktyczną – pozwala bowiem połączyć twarde wskaźniki technologiczne z kontekstem społecznym, instytucjonalnym i finansowym, niezbędnym do formułowania skutecznych rekomendacji strategicznych.

3. Metodyka badań

Rzetelność i wiarygodność wyników badań społecznych w dużej mierze zależy od jakości przyjętej metodyki i trafności zastosowanych narzędzi. W projekcie „Miasto 4.0 – uniwersalny model dojrzałości”, realizowanym przez Uniwersytet Opolski i finansowanym ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach programu Nauka dla Społeczeństwa II, szczególną wagę przywiązano do zapewnienia wysokiego poziomu merytorycznego i użyteczności praktycznej prowadzonych badań. Celem projektu jest przeprowadzenie diagnozy poziomu wdrożenia rozwiązań smart city w polskich miastach wojewódzkich i wybranych miastach europejskich, identyfikacja barier i czynników sprzyjających transformacji cyfrowej, a także opracowanie narzędzi, które umożliwią monitorowanie postępów w czasie i wspieranie procesów decyzyjnych. Kluczowym efektem projektu ma być stworzenie uniwersalnego modelu dojrzałości smart city oraz mapy drogowej rozwoju, która pozwoli władzom samorządowym planować działania strategiczne i oceniać ich skuteczność. Znaczenie badania wykracza poza sam opis stanu obecnego – jego wyniki mają służyć budowaniu zdolności rozwojowych miast, poprawie jakości życia mieszkańców i wzmacnianiu ich konkurencyjności w długim okresie.

Kwestionariusz ankiety pełni w tym procesie podwójną funkcję. Z jednej strony stanowi narzędzie diagnostyczne, umożliwiające pomiar stopnia wdrożenia rozwiązań smart city w poszczególnych wymiarach. Z drugiej – jest punktem wyjścia do projektowania działań rozwojowych, ponieważ dostarcza danych niezbędnych do opracowania syntetycznych wskaźników i rankingów oraz do przygotowania rekomendacji politycznych. Jego konstrukcja została zaprojektowana tak, aby uchwycić zarówno subiektywne oceny i doświadczenia respondentów, jak i twarde dane liczbowe, które można porównywać między jednostkami. W ten sposób powstało narzędzie o wysokiej wartości diagnostycznej i prognostycznej, które pozwala

analizować nie tylko to, czy dane rozwiązania są wdrażane, ale także w jakim stopniu są zintegrowane i efektywne.

Aby przybliżyć czytelnikowi logikę działań badawczych i pokazać ich spójność, procedura projektu została ujęta w formie uporządkowanego opisu, który przedstawia kolejne etapy – od opracowania narzędzi badawczych i ich walidacji, przez dystrybucję ankiet i realizację wywiadów, aż po przygotowanie danych do analizy. Taki sposób prezentacji ułatwia zrozumienie struktury badania i pozwala dostrzec, w jaki sposób poszczególne elementy łączą się w spójną całość, prowadząc do powstania modelu dojrzałości i mapy drogowej, które będą miały realne znaczenie dla praktyki zarządzania miejskiego.

Badanie objęło wszystkie 18 polskich miast wojewódzkich (Białegostoku, Bydgoszczy, Gdańska, Gorzowa Wielkopolskiego, Katowic, Kielc, Krakowa, Lublina, Łodzi, Olsztyna, Opola, Poznania, Rzeszowa, Szczecina, Torunia, Warszawy, Wrocławia i Zielonej Góry), które zostały dobrane w sposób celowy z uwagi na ich kluczową rolę w procesie transformacji cyfrowej i wdrażania koncepcji smart city. To właśnie w miastach wojewódzkich najczęściej realizowane są pilotaże nowoczesnych technologii, rozwijane są systemy zarządzania oparte na danych i wdrażane są narzędzia Przemysłu 4.0 oraz ICT, które później mogą być adaptowane w mniejszych ośrodkach. Wybór tej grupy pozwolił objąć pełne spektrum polskich metropolii – od największych centrów gospodarczych i akademickich po mniejsze ośrodki administracyjne. Uwzględnienie całej grupy tych jednostek pozwala uchwycić pełne spektrum zjawisk związanych z cyfrową transformacją – od liderów we wdrażaniu rozwiązań inteligentnych, po miasta na wczesnym etapie tego procesu.

Proces pozyskiwania odpowiedzi okazał się złożony i rozciągnięty w czasie – trwał od maja do lipca 2025 roku. Badacze napotkali liczne trudności natury organizacyjnej i komunikacyjnej. Głównym problemem była utrudniona komunikacja z urzędami: część wiadomości e-mail nie docierała do adresatów, trafiała do folderów spam lub ginęła w natłoku innych zapytań. W wielu przypadkach konieczne było wielokrotne ponawianie kontaktu, zarówno drogą mailową, jak i telefoniczną. Dodatkowym wyzwaniem było ustalenie, który wydział lub osoba w urzędzie odpowiada za zagadnienia związane ze smart city. Prowadziło to do częstych przekierowań, opóźnień i braku jednoznacznych decydentów po stronie samorządów.

Urzednicy, z którymi udało się nawiązać współpracę, zwracali uwagę na znaczną objętość i szczegółowość kwestionariusza, który wymagał konsultacji z wieloma komórkami

organizacyjnymi. Zebranie danych wiązało się często z koniecznością pozyskania informacji od kilku wydziałów (m.in. inwestycji, transportu, środowiska, IT czy rozwoju). W okresie wakacyjnym – w którym prowadzono badanie – dostępność pracowników była ograniczona, co dodatkowo wydłużało proces uzyskiwania odpowiedzi. W kilku przypadkach urzędy wprost odmówiły udziału, tłumacząc decyzję brakiem zasobów kadrowych i czasowych. W jednym przypadku urzędnicy poprosili nawet o zaprzestanie kontaktu, określając go jako „niepotrzebne zamieszanie”.

Trudności te mają charakter nie tylko organizacyjny, lecz także systemowy i poznawczy – w sposób pośredni ukazują interdyscyplinarność i wielowątkowość samego zagadnienia smart city. Realizacja koncepcji inteligentnego miasta wymaga bowiem współdziałania licznych wydziałów i jednostek organizacyjnych: od planowania przestrzennego, przez transport, ochronę środowiska, po technologie informacyjne, kulturę czy politykę społeczną. Brak centralnej koordynacji w tym zakresie sprawia, że dane i kompetencje są rozproszone, a wdrażanie rozwiązań cyfrowych często odbywa się w odrębnych silosach organizacyjnych. Taki stan rzeczy dobrze ilustruje złożoność i przekrojowy charakter zarządzania transformacją miejską, w której kwestie technologiczne, środowiskowe, społeczne i ekonomiczne przenikają się i wzajemnie warunkują.

Ostatecznie pomimo wspomnianych trudności pełne lub częściowe odpowiedzi uzyskano z 13 miast: Białegostoku, Katowic, Zielonej Góry, Rzeszowa, Gdańska, Kielc, Wrocławia, Szczecina, Bydgoszczy, Lublina, Opola, Krakowa i Warszawy, co stanowi 72% zwrotności kwestionariuszy ankietowych. W kilku przypadkach odpowiedzi dotyczyły wyłącznie wybranych obszarów kwestionariusza – np. gospodarki, środowiska lub infrastruktury cyfrowej – natomiast w innych brakowało danych w odniesieniu do pozostałych wymiarów. Takie zróżnicowanie stopnia wypełnienia ankiety wskazuje na odmienne poziomy zaawansowania miast w gromadzeniu i zarządzaniu danymi o charakterze smart city.

Niepełne wypełnienie ankiet należy interpretować jako zjawisko typowe dla badań kwestionariuszowych prowadzonych w środowisku instytucjonalnym. Ograniczona kompletność uzyskanych danych może wynikać z szeregu uwarunkowań poznawczych, merytorycznych i organizacyjnych, które towarzyszą tego typu procedurom badawczym. Wśród potencjalnych przyczyn można wskazać: (1) efekt zmęczenia poznawczego respondentów, prowadzący do obniżenia koncentracji i motywacji w dalszej części kwestionariusza; (2) częściowe niezrozumienie treści pytań lub brak jednoznacznych odpowiedzi odpowiadających specyfice

danego urzędu; (3) ograniczoną dostępność wiedzy eksperckiej w zakresie niektórych zagadnień objętych badaniem; oraz (4) czynniki organizacyjne, takie jak presja czasu, rotacja pracowników, sezon urlopowy czy problemy techniczne związane z obiegiem dokumentów elektronicznych.

Z metodologicznego punktu widzenia uzyskany materiał empiryczny należy zatem traktować jako zbiór częściowy, odzwierciedlający realne uwarunkowania procesu badawczego w jednostkach administracji publicznej. Choć nie pozwala on na formułowanie uogólnień statystycznych dla całej populacji miast wojewódzkich, stanowi wartościową podstawę do analizy opisowej i porównawczej. Pozwala bowiem identyfikować kluczowe bariery wdrażania koncepcji smart city, rozpoznawać przykłady dobrych praktyk oraz wskazywać zróżnicowanie instytucjonalnych podejść do cyfrowej transformacji miast.

Do badania włączono także 27 miast europejskich, aby na etapie projektowania modelu dojrzałości uwzględnić doświadczenia i standardy wypracowane w innych krajach. Dobór miast miał charakter celowy i został oparty na przesłankach merytorycznych. Celem było umożliwienie analizy porównawczej wdrażania koncepcji Smart City 4.0 w zróżnicowanych kontekstach społeczno-gospodarczych. Do próby włączono wszystkie stolicy państw członkowskich Unii Europejskiej: Tallinn, Lisbon, Helsinki, Bratislava, Vilnius, Amsterdam, Luxembourg, Copenhagen, Zagreb, Vienna, Brussels, Sofia, Prague, Paris, Berlin, Athens, Budapest, Rome, Dublin, Riga, Valletta, Warsaw, Bucharest, Ljubljana, Stockholm, a także kluczowe metropolie o znaczeniu międzynarodowym, takie jak Barcelona i Madrid. Tak skonstruowana próba zapewnia pełne pokrycie geograficzne na poziomie całej UE oraz reprezentatywność w ujęciu politycznym, demograficznym i gospodarczym.

Przyjęto następujące kryteria selekcji:

- Pełna reprezentacja stolic państw UE – włączenie wszystkich stolic umożliwia porównanie polityk miejskich i strategii cyfryzacji na poziomie krajowym i unijnym.
- Geograficzne zróżnicowanie próby – w badaniu uczestniczą miasta z Europy Północnej, Południowej, Zachodniej oraz Środkowo-Wschodniej, co pozwala uchwycić wpływ różnic historycznych i kulturowych na proces transformacji cyfrowej.
- Zróżnicowany poziom rozwoju technologicznego – w próbie znalazły się zarówno liderzy wdrażania inteligentnych rozwiązań miejskich (Amsterdam, Copenhagen, Vienna, Barcelona), jak i miasta wciąż nadrabiające dystans rozwojowy, co pozwala analizować różne fazy dojrzałości Smart City 4.0.

- Znaczenie polityczne i gospodarcze – stolice i metropolie pełnią funkcję centrów decyzyjnych, co sprzyja dostępności danych i przekłada się na możliwość wnioskowania w skali europejskiej.

Tak dobrana próba umożliwia identyfikację wspólnych wzorców i różnic w poziomie dojrzałości Smart City 4.0 oraz formułowanie wniosków o charakterze porównawczym i strategicznym dla całej Unii Europejskiej. Tak skonstruowana próba badawcza umożliwia identyfikację wspólnych wzorców oraz różnic w poziomie dojrzałości Smart City 4.0 w Europie. Wyniki badania mogą stanowić podstawę do formułowania rekomendacji strategicznych i rozwoju zintegrowanego modelu dojrzałości, który uwzględnia specyfikę regionalną oraz dynamikę transformacji cyfrowej.

Proces pozyskiwania danych w miastach europejskich również napotkał ograniczenia, choć w mniejszym stopniu niż w Polsce. Część respondentów udzieliła odpowiedzi tylko w wybranych obszarach tematycznych, koncentrując się na aspektach najbardziej rozwiniętych w ich strukturach administracyjnych. W wielu przypadkach zwracano uwagę na potrzebę lepszej standaryzacji narzędzi badawczych w kontekście międzynarodowym, co potwierdza zasadność projektowania modelu o charakterze uniwersalnym i porównawczym. Ostatecznie, wśród miast europejskich odpowiedzi uzyskano z Tallinna, Lizbony, Helsinek, Bratysławy, Wilna, Amsterdamu, Luksemburga, Kopenhagi, Zagrzebia i Barcelony. Analiza zestawu zwrotów ankietowych pozwoliła – w sposób niezamierzony – uzyskać zróżnicowany układ przestrzenny miast uczestniczących w badaniu. Choć dobór próby nie miał na celu odzwierciedlenia geograficznej reprezentacji Europy, uzyskane odpowiedzi objęły miasta z jej północnej (Tallinn, Helsinki, Kopenhaga), zachodniej (Amsterdam, Luksemburg, Lizbona, Barcelona) oraz środkowej części (Bratysława, Wilno, Zagrzeb).

Taki rozkład odpowiedzi tworzy wartościowy punkt odniesienia do dalszych analiz porównawczych, umożliwiając obserwację potencjalnych różnic regionalnych w postrzeganiu i realizacji koncepcji smart city. Choć na obecnym etapie badania nie formułuje się wniosków dotyczących poziomu zaawansowania czy specyfiki działań poszczególnych miast, sam fakt uzyskania zwrotów z różnych części Europy pozwala uwzględnić zróżnicowanie kontekstu instytucjonalnego, gospodarczego i kulturowego.

Włączenie perspektywy międzynarodowej pozwala stworzyć narzędzie, które będzie miało charakter uniwersalny i które może być wykorzystane nie tylko w Polsce, ale także w innych państwach dążących do transformacji w kierunku smart city. Dzięki temu model będzie bardziej

kompletny i odporny na ograniczenia wynikające z analizy wyłącznie polskiego kontekstu instytucjonalnego.

Kluczowym elementem przyjętej metodyki jest kwestionariusz ankiety skierowany do przedstawicieli władz miast, w szczególności osób odpowiedzialnych za planowanie i wdrażanie rozwiązań w zakresie smart city. Narzędzie to zostało zaprojektowane w taki sposób, aby z jednej strony uchwycić subiektywne oceny respondentów, ich doświadczenia i percepcję skuteczności działań, a z drugiej dostarczyć twardych danych liczbowych niezbędnych do porównań między jednostkami i budowy syntetycznych wskaźników. W odróżnieniu od badań nastawionych wyłącznie na opis opinii lub wyłącznie na analizę statystycznych wskaźników rozwoju, ankieta w projekcie „Miasto 4.0” łączy oba te podejścia, tworząc narzędzie o wysokiej wartości diagnostycznej i prognostycznej. Jej wypełnienie nie wymaga specjalistycznej wiedzy technicznej, a jednocześnie zapewnia zebranie danych o charakterze kompleksowym i porównywalnym między miastami.

Część jakościowa obejmowała zestaw pytań ocenianych w pięciostopniowej skali Likerta, gdzie respondenci określali stopień wdrożenia rozwiązań od „braku działań” po „pełną implementację i optymalizację”. Zastosowanie tej skali nie było przypadkowe – pięć poziomów odpowiedzi stanowi optymalny kompromis między precyzją pomiaru a jego przystępnością dla respondentów. Dzięki takiej konstrukcji możliwe było nie tylko stwierdzenie samego faktu wdrożenia lub braku określonych rozwiązań, lecz także uchwycenie stopnia ich zaawansowania, poziomu integracji z innymi systemami oraz skuteczności ich funkcjonowania w praktyce. Skala Likerta pozwalała respondentom wyrazić natężenie wdrożenia – od fazy planowania i pilotażu, przez częściowe wprowadzenie, aż po pełne zintegrowanie i optymalizację rozwiązań.

Zaletą zastosowanego podejścia jest możliwość przeprowadzania bardziej subtelnych analiz porównawczych pomiędzy miastami – można badać nie tylko, czy dane miasto wprowadziło określone rozwiązanie, ale także na jakim etapie rozwoju się ono znajduje. Umożliwia to obliczanie średnich i median dla poszczególnych wymiarów, budowę syntetycznych indeksów oraz wyznaczanie benchmarków, które wskazują, które jednostki samorządowe są liderami w danym obszarze, a które wymagają dalszych działań. Ponadto skala Likerta jest dobrze ugruntowana w badaniach społecznych i rekomendowana w analizach dotyczących dojrzałości cyfrowej (np. w standardach ISO 37120 i 37122), co dodatkowo zwiększa porównywalność wyników.

Konstrukcja części jakościowej została podporządkowana sześciu uznanym w literaturze przedmiotu wymiarom smart city.

1. Smart Environment – wymiar środowiskowy obejmował pytania dotyczące wykorzystania technologii cyfrowych w monitorowaniu i zarządzaniu środowiskiem miejskim. Respondenci oceniali m.in. stopień rozwoju systemów monitoringu jakości powietrza, wody i energii, wdrożenie rozwiązań opartych na czujnikach środowiskowych oraz strategii redukcji emisji gazów cieplarnianych. Pytania dotyczyły również wykorzystania narzędzi sztucznej inteligencji (AI) w analizie danych środowiskowych, automatyzacji oświetlenia ulicznego, gospodarki odpadami i efektywności energetycznej. Uzupełniając włączono pytania o liczbę czujników powietrza, emisji CO₂ i liczników smart grid funkcjonujących w mieście.
2. Smart Mobility – moduł transportowy koncentrował się na zagadnieniach związanych z cyfryzacją systemów mobilności miejskiej. Obejmował pytania o rozwój zintegrowanych form transportu (publicznego, rowerowego, współdzielonego), wykorzystanie danych z czujników i kamer w zarządzaniu ruchem, rozwój infrastruktury dla elektromobilności oraz testowanie pojazdów autonomicznych. Uwzględniono również pytania o zastosowanie narzędzi Industry 4.0 w transporcie, funkcjonowanie systemów dynamicznego parkowania, a także integrację platform cyfrowych umożliwiających planowanie podróży i korzystanie z usług MaaS (Mobility as a Service).
3. Smart Living – ten wymiar odnosił się do wpływu technologii cyfrowych na jakość życia mieszkańców. Pytania dotyczyły dostępności infrastruktury teleinformatycznej, zasięgu sieci 5G i internetu światłowodowego, a także wykorzystania aplikacji miejskich oraz narzędzi poprawiających bezpieczeństwo i komfort życia. Respondenci oceniali także akceptację społeczną nowych technologii, poziom zaufania do cyfrowych rozwiązań oraz działania miasta w zakresie ochrony prywatności i etyki cyfrowej. Ujęto także kwestie monitoringu przestrzeni publicznej, pomiaru hałasu i temperatury oraz analiz wykorzystania danych w procesach decyzyjnych.
4. Smart Governance – obszar zarządzania koncentrował się na cyfryzacji administracji publicznej, integracji systemów informatycznych i wykorzystaniu danych w podejmowaniu decyzji. Pytania dotyczyły dostępności usług e-administracji, wdrażania strategii rozwoju cyfrowego, automatyzacji procesów urzędowych oraz stosowania rozwiązań z zakresu cyberbezpieczeństwa. W ankiecie znalazły się również stwierdzenia odnoszące się do

kompetencji cyfrowych urzędników, integracji danych z czujników i aplikacji miejskich, a także barier kadrowych utrudniających wdrażanie nowoczesnych rozwiązań. Uzupełniające pytania liczbowe dotyczyły m.in. liczby e-usług, incydentów naruszenia danych i skali korzystania z miejskich sieci Wi-Fi.

5. Smart Economy – wymiar gospodarczy skupiał się na ocenie wykorzystania technologii cyfrowych i Industry 4.0 w gospodarce miejskiej, ze szczególnym uwzględnieniem zarządzania energią i odpadami. Pytania obejmowały kwestie efektywności energetycznej, udziału OZE w zużyciu energii, wdrażania systemów monitorujących zużycie energii w czasie rzeczywistym oraz wykorzystania czujników w gospodarce odpadami. Uwzględniono również aspekty finansowe i strategiczne, w tym ograniczenia budżetowe, dostępność funduszy zewnętrznych, stosowanie modeli predykcyjnych w planowaniu energetycznym oraz analizę danych odpadowych.
6. Smart People – ostatni analizowany wymiar dotyczył społecznego i kompetencyjnego wymiaru cyfrowej transformacji miast. Ocenie poddano m.in. poziom rozwoju kompetencji cyfrowych mieszkańców, stopień ich zaangażowania w procesy współtworzenia i konsultacji rozwiązań miejskich, a także wykorzystanie danych społecznych i aplikacji cyfrowych w projektowaniu polityk publicznych. Uwzględniono również współpracę miast z uczelniami i instytucjami naukowymi w zakresie rozwijania innowacyjnych kompetencji oraz działania wspierające inkluzywność cyfrową różnych grup społecznych

Tak zaprojektowany kwestionariusz umożliwił kompleksową ocenę poziomu cyfrowej dojrzałości miast w sześciu komplementarnych obszarach, a także porównanie stopnia integracji technologii ICT z procesami zarządzania miejskiego w ujęciu systemowym.

Komplementarnym uzupełnieniem modułu jakościowego była część ilościowa kwestionariusza, której zadaniem było dostarczenie twardych, porównywalnych danych liczbowych. Podczas gdy pytania jakościowe pozwalały uchwycić percepcję i ocenę stopnia wdrożenia rozwiązań smart city przez przedstawicieli miast, część ilościowa koncentrowała się na obiektywnych wskaźnikach rozwoju, umożliwiając ich precyzyjne zmierzenie i porównanie. Połączenie obu modułów stworzyło narzędzie o wysokiej wartości diagnostycznej – łączące wymiar subiektywny, oparty na wiedzy i doświadczeniu respondentów, z wymiarem obiektywnym, opartym na twardych danych liczbowych. Dzięki temu uzyskano wieloaspektowy obraz stopnia cyfrowej dojrzałości miast,

który pozwala zarówno na analizę jakościową, jak i na konstrukcję wskaźników syntetycznych i rankingów.

Część ilościowa kwestionariusza miała charakter wskaźnikowy i stanowiła kluczowy element umożliwiający obiektywną ocenę poziomu dojrzałości cyfrowej badanych miast. Jej celem było zebranie twardych danych liczbowych, które pozwolą na porównywanie wyników między jednostkami samorządowymi oraz na konstrukcję syntetycznych indeksów i rankingów. Wskaźniki zostały dobrane w sposób świadomy i metodycznie uzasadniony – ich identyfikacja odbyła się w oparciu o międzynarodowe standardy ISO 37120 *Sustainable cities and communities – Indicators for city services and quality of life*, ISO 37122 *Indicators for smart cities* oraz ISO 37123 *Indicators for resilient cities*, a także zestawy wskaźników zawarte w krajowych i lokalnych strategiach rozwoju, takich jak strategie rozwoju miast do 2030 roku, miejskie polityki transportowe, strategie elektromobilności czy plany adaptacji do zmian klimatu. Dzięki temu uzyskano spójny i porównywalny zestaw danych, który uwzględnia zarówno perspektywę międzynarodową, jak i specyfikę polskich samorządów. Część wskaźnikowa, podobnie jak jakościowa obejmowała m.in. dane z następujących obszarów:

1. Środowisko (Smart Environment) – liczba czujników monitorujących jakość powietrza oraz wody, stopień wykorzystania systemów inteligentnego oświetlenia ulicznego i automatyzacji zarządzania energią, udział odnawialnych źródeł energii (OZE) w całkowitym zużyciu energii w mieście, liczba wdrożonych systemów monitorowania emisji CO₂, a także stopień wykorzystania narzędzi analitycznych (AI, predykcja) w planowaniu polityki środowiskowej. Dodatkowo zebrano dane dotyczące gospodarki odpadami – liczby pojemników wyposażonych w czujniki napelnienia oraz odsetka odpadów poddawanych recyklingowi.
2. Mobilność (Smart Mobility) – liczba przystanków komunikacji publicznej wyposażonych w systemy dynamicznej informacji pasażerskiej, długość i gęstość sieci ścieżek rowerowych, liczba stacji ładowania pojazdów elektrycznych, liczba czujników i kamer wykorzystywanych do zarządzania ruchem, a także stopień integracji systemów ITS (Intelligent Transport Systems) w skali miasta. Uzupełniając zebrano dane o liczbie pojazdów elektrycznych i hybrydowych we flotach miejskich oraz wdrożeniu rozwiązań pilotażowych w zakresie transportu autonomicznego.
3. Jakość życia (Smart Living) – odsetek mieszkańców z dostępem do szerokopasmowego Internetu lub sieci 5G, liczba miejskich aplikacji mobilnych oferujących usługi publiczne

online, liczba działań informacyjnych i edukacyjnych dotyczących cyberbezpieczeństwa oraz kompetencji cyfrowych mieszkańców, liczba punktów dostępu Wi-Fi w przestrzeni publicznej, a także liczba inicjatyw cyfrowych wspierających kulturę, rekreację i edukację. Uwzględniono również wskaźniki dotyczące bezpieczeństwa, takie jak liczba kamer monitoringu miejskiego i czujników hałasu.

4. Zarządzanie (Smart Governance) – liczba usług e-administracji w pełni cyfrowych (end-to-end), liczba spraw urzędowych możliwych do załatwienia online, liczba strategii lub programów miejskich obejmujących cyfryzację i zarządzanie danymi, stopień integracji systemów informatycznych w urzędzie, a także liczba incydentów cyberbezpieczeństwa i wdrożonych polityk ich obsługi. Wskaźniki obejmowały również liczbę przeprowadzonych konsultacji społecznych online oraz stopień wykorzystania danych miejskich (open data) w planowaniu i monitoringu polityk publicznych.
5. Gospodarka (Smart Economy) – liczba wdrożonych projektów inwestycyjnych opartych na rozwiązaniach Industry 4.0, wartość nakładów na innowacje i transformację cyfrową w przeliczeniu na mieszkańca, liczba miejskich instalacji OZE oraz czujników zużycia energii, udział inteligentnych liczników (smart metering) w sieciach energetycznych, a także liczba programów wspierających lokalne przedsiębiorstwa w zakresie transformacji cyfrowej. Wskaźniki obejmowały również liczbę współprac z sektorem nauki i biznesu w ramach miejskich programów innowacji.
6. Ludzie (Smart People) – liczba obiektów miejskich objętych zdalnym monitoringiem infrastrukturalnym (np. oświetlenie, kanalizacja, drogi), stopień wykorzystania czujników do monitoringu infrastruktury technicznej, liczba systemów predykcyjnych wykorzystywanych w utrzymaniu i zarządzaniu infrastrukturą, a także liczba inicjatyw edukacyjnych dotyczących kompetencji cyfrowych mieszkańców i pracowników administracji. Uwzględniono również wskaźniki dotyczące dostępności technologicznej (np. liczby urządzeń IoT) oraz wykorzystania danych infrastrukturalnych w planowaniu inwestycji.

Dzięki tak skonstruowanemu zestawowi pytań możliwe było pozyskanie danych, które charakteryzują zarówno skalę, jak i tempo wdrażania rozwiązań smart city w ujęciu mierzalnym. Część ilościowa została zaprojektowana tak, aby umożliwić analizę danych w ujęciu przekrojowym (porównania między miastami) oraz w ujęciu czasowym (monitorowanie postępów w kolejnych edycjach badania). Jej rezultaty pozwalają na obliczenie wskaźników cząstkowych

dla każdego z sześciu wymiarów, a następnie na stworzenie syntetycznego indeksu dojrzałości smart city, który może być podstawą do budowy rankingu miast.

Zaletą tego modułu jest jego silne powiązanie z praktyką zarządzania strategicznego w samorządach – większość wymaganych danych jest gromadzona przez urzędy miast na potrzeby sprawozdawczości krajowej i unijnej, co ułatwia ich pozyskanie i zapewnia ich wiarygodność. Wskaźniki liczbowo opisujące rozwój inteligentnych rozwiązań stanowią również podstawę do identyfikacji tzw. luk rozwojowych – obszarów, w których poziom wdrożeń jest istotnie niższy od wartości referencyjnych. Pozwala to władzom samorządowym planować inwestycje w sposób bardziej precyzyjny, optymalizować alokację zasobów i monitorować skuteczność podejmowanych działań.

Część ilościowa jest także kluczowa dla późniejszego etapu budowy mapy drogowej – pozwala na określenie nie tylko punktu wyjścia dla danego miasta, ale również wyznaczenie realistycznych celów rozwojowych oraz kamieni milowych, których osiągnięcie będzie można weryfikować w kolejnych latach.

Zgromadzenie wiarygodnych danych ilościowych wymagało również dopracowania narzędzia badawczego pod kątem jego jasności i użyteczności. Z uwagi na fakt, że część wskaźnikowa wymagała od respondentów sięgnięcia do baz danych urzędowych oraz sprawozdań statystycznych, konieczne było zapewnienie, aby pytania były jednoznaczne, a definicje wskaźników spójne z tymi stosowanymi w dokumentach strategicznych i raportach międzynarodowych. Na etapie przygotowywania narzędzia zespół badawczy przeprowadził zatem walidację ekspercką, angażując zarówno naukowców zajmujących się tematyką smart city i zarządzania publicznego, jak i praktyków reprezentujących jednostki samorządu terytorialnego. Ekspertki dokonali oceny kwestionariusza pod kątem trafności treściowej, kompletności pytań oraz ich zgodności z przyjętymi standardami ISO 37120, ISO 37122 i ISO 37123. Wprowadzone uwagi pozwoliły na doprecyzowanie definicji wskaźników, ujednolicenie terminologii i uproszczenie niektórych sformułowań, aby uniknąć ryzyka rozbieżnej interpretacji w różnych urzędach.

Pomimo starannego zaprojektowania części ilościowej, obejmującej zestaw wskaźników odnoszących się do sześciu wymiarów koncepcji Smart City, proces gromadzenia danych liczbowych nie przyniósł w pełni satysfakcjonujących rezultatów. Uzyskany materiał okazał się niekompletny i niejednorodny, co uniemożliwiło przeprowadzenie wnioskowania porównawczego oraz konstrukcję syntetycznego indeksu dojrzałości smart city.

Trudności te nie wynikały z niedostatecznego zaangażowania respondentów, lecz z systemowych ograniczeń w zakresie dostępności i standaryzacji danych w jednostkach samorządu terytorialnego. W wielu przypadkach okazało się, że dane o charakterze ilościowym – dotyczące np. liczby czujników środowiskowych, poziomu wykorzystania energii odnawialnej, liczby e-usług czy wdrożeń ITS – nie są w sposób systematyczny gromadzone na poziomie miejskim. Dane te, jeśli istnieją, są rozproszone między różnymi wydziałami i jednostkami (np. ochrony środowiska, transportu, inwestycji, IT), które nie dysponują wspólnymi bazami informacyjnymi ani jednolitymi standardami raportowania.

Nawet w miastach deklarujących wdrożenie polityk zgodnych z normami ISO 37120, ISO 37122 i ISO 37123, dostęp do danych źródłowych okazał się ograniczony lub niemożliwy. Dane pozostają często w posiadaniu podmiotów zewnętrznych (np. spółek komunalnych, operatorów energetycznych czy firm technologicznych), co utrudnia ich pozyskanie i weryfikację. Problemem jest również brak spójności metodologicznej – poszczególne miasta stosują odmienne sposoby pomiaru i klasyfikacji tych samych zjawisk (np. definiując w różny sposób pojęcie „inteligentnej infrastruktury” czy „e-usługi”), co znacznie utrudnia porównywalność.

Nie zdołano również pozyskać pełnych danych z publicznych portali open data – mimo formalnej dostępności, dane te są często fragmentaryczne, nieaktualne lub publikowane w różnych formatach, uniemożliwiających ich zintegrowanie. Brakuje także metadanych opisujących sposób zbierania i aktualizacji informacji, co uniemożliwia ich wykorzystanie w analizach porównawczych. W efekcie, mimo istnienia licznych zapisów strategicznych dotyczących cyfryzacji i raportowania zgodnego z normami ISO, w praktyce samorządy nie dysponują jednolitym systemem zarządzania danymi ani narzędziami pozwalającymi na systematyczne monitorowanie wskaźników rozwoju smart city.

Z metodologicznego punktu widzenia sytuacja ta ujawnia istotną lukę pomiędzy deklaratywnym wymiarem polityk inteligentnych miast a faktycznym stanem zarządzania danymi publicznymi. Brak spójnych, porównywalnych danych ilościowych ogranicza możliwości prowadzenia analiz ewaluacyjnych, a tym samym utrudnia formułowanie obiektywnych wniosków o dynamice i kierunkach transformacji cyfrowej.

Jednocześnie wyniki tego etapu badań mają wartość poznawczą – wskazują na potrzebę budowy zintegrowanego systemu zarządzania danymi miejskimi, który pozwoliłby w przyszłości na monitorowanie postępów w realizacji koncepcji Smart City w sposób wiarygodny, transparentny i

porównywalny. Zidentyfikowane trudności potwierdzają, że problematyka smart city ma charakter interdyscyplinarny i wielosystemowy, a skuteczność jej wdrażania w dużej mierze zależy od jakości infrastruktury informacyjnej oraz kompetencji analitycznych w administracji publicznej.

Niepowodzenie w pozyskaniu pełnych danych ilościowych potwierdza tym samym eksploracyjny charakter projektu i uzasadnia potrzebę kontynuowania badań w formie pogłębionych analiz jakościowych, skoncentrowanych na praktykach instytucjonalnych, barierach organizacyjnych i realnych mechanizmach koordynacji procesów cyfryzacji w miastach.

Świadomie zrezygnowano z przeprowadzania badań pilotażowych. Próba badawcza obejmowała jedynie 18 polskich miast wojewódzkich oraz wybrane miasta europejskie, a ich liczba i ranga miały kluczowe znaczenie dla kompletności materiału empirycznego. Pilotaż mógłby spowodować zmęczenie respondentów i zmniejszyć zwrot w badaniu właściwym, co przy tak ograniczonej populacji niesłoby ryzyko utraty cennych danych. Walidacja ekspercka okazała się w tym kontekście optymalnym rozwiązaniem – zapewniła wysoką jakość merytoryczną kwestionariusza, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej gotowości respondentów do udziału w badaniu głównym.

Z metodologicznego punktu widzenia liczebność próby oraz jej struktura pozwalają na sformułowanie wniosków o charakterze eksploracyjnym, lecz nie umożliwiają przeprowadzania pełnych analiz ilościowych ani budowy syntetycznych indeksów. Uzyskane dane, mimo ograniczonego zakresu i niepełności, stanowią wartościową podstawę do analizy opisowej oraz identyfikacji kluczowych trendów, barier i praktyk wdrażania koncepcji smart city w polskich miastach wojewódzkich.

Zróżnicowanie miast, które wzięły udział w badaniu – zarówno pod względem wielkości, jak i stopnia zaawansowania cyfrowej transformacji – pozwala uchwycić zróżnicowane podejścia do implementacji technologii inteligentnych, a tym samym dostarcza materiału porównawczego o wysokiej wartości diagnostycznej. Wyniki te stanowią więc nie tyle podstawę do wnioskowania statystycznego, ile empiryczną bazę do dalszych analiz jakościowych i pogłębionej interpretacji procesów transformacji cyfrowej w ujęciu instytucjonalnym.

Zespół badawczy podjął również działania mające na celu ograniczenie skutków niepełności danych – w tym procedury weryfikacji spójności odpowiedzi, porównania z danymi publicznymi oraz analizę zbieżności z dokumentami strategicznymi i raportami miejskimi. Pomimo tych działań, ostateczny zbiór danych nie osiągnął poziomu kompletności umożliwiającego realizację

wszystkich założeń pierwotnego modelu, w szczególności budowy syntetycznego indeksu dojrzałości.

W konsekwencji etap ten należy traktować jako diagnostyczny i eksploracyjny, ukierunkowany na rozpoznanie stopnia przygotowania miast do pomiaru i raportowania wskaźników Smart City oraz na identyfikację luk informacyjnych w zakresie danych środowiskowych, infrastrukturalnych i organizacyjnych. Uzyskane wyniki stanowią tym samym fundament do dalszych prac nad ujednoliceniem systemu gromadzenia danych i opracowaniem metodyki umożliwiającej porównywalne pomiary w kolejnych edycjach badań.

Naturalnym uzupełnieniem badań ankietowych były indywidualne wywiady pogłębione, które umożliwiły rozszerzenie i pogłębienie danych ilościowych i jakościowych, pozwalając na lepsze zrozumienie uwarunkowań wdrażania rozwiązań smart city w badanych miastach.

Uzupełnieniem badania ankietowego były indywidualne wywiady pogłębione (TDI – *Telephone/Depth Interview*), realizowane przez agencję badawczą Fast Solutions na zlecenie Uniwersytetu Opolskiego. Zastosowanie metodologii jakościowej miało na celu uchwycenie szerszego kontekstu wdrażania rozwiązań smart city oraz zebranie danych, których nie można uzyskać wyłącznie przy użyciu kwestionariusza ankiety. Metody badań jakościowych koncentrują się na pogłębionej analizie zjawisk społeczno-gospodarczych, umożliwiając poznanie motywacji, postaw, barier i oczekiwań decydentów. Ich przewagą jest elastyczność oraz możliwość uzyskania danych o charakterze eksploracyjnym, które często ujawniają nieoczywiste uwarunkowania procesów zarządzania miastem.

Wywiady zostały przeprowadzone w lipcu i sierpniu 2025 roku w formule online (platforma ZOOM) lub telefonicznie, w zależności od preferencji respondentów. Łącznie zrealizowano sześć wywiadów z przedstawicielami urzędów miejskich sześciu polskich miast: Warszawy, Krakowa, Gdańska, Lublina, Rzeszowa i Kielc. Respondentami były osoby odpowiedzialne za strategię rozwoju miasta, transformację cyfrową, wdrażanie rozwiązań smart city lub koordynujące projekty powiązane z wykorzystaniem technologii ICT.

Scenariusz wywiadu miał charakter półstrukturyzowany i obejmował sześć bloków tematycznych, pozwalających na wieloaspektową analizę zagadnienia. Pierwszy blok wprowadzający dotyczył ogólnej charakterystyki respondenta, sposobu rozumienia przez miasto koncepcji smart city oraz modelu zarządzania (np. scentralizowany, zdecentralizowany, w formule PPP). Drugi blok skupiał się na kwestiach otwartych danych i strategii udostępniania informacji

publicznych. Trzeci obejmował praktyczne aspekty wdrażania rozwiązań smart city: wykorzystanie danych do podejmowania decyzji, miary sukcesu, obszary największych postępów oraz stosowane narzędzia Przemysłu 4.0.

Czwarty blok identyfikował bariery i wyzwania, takie jak ograniczenia finansowe, kadrowe, technologiczne czy społeczne, a także kwestie cyberbezpieczeństwa i kompetencji cyfrowych urzędników. Piąty blok dotyczył aspektów społecznych: partycypacji mieszkańców, działań edukacyjnych, poziomu zaufania do cyfrowych usług publicznych oraz przeciwdziałania wykluczeniu cyfrowemu. Ostatni blok koncentrował się na perspektywach rozwoju – planach na najbliższe lata, przewidywanych kierunkach wdrożeń technologii (AI, big data, blockchain) oraz potrzebach samorządu w zakresie wsparcia legislacyjnego, finansowego i eksperckiego.

Pytania w scenariuszu miały charakter otwarty i były formułowane w sposób neutralny, aby nie sugerować odpowiedzi. Badacze zachęcali respondentów do swobodnej wypowiedzi, pogłębienia wątków istotnych z ich perspektywy oraz wskazywania przykładów dobrych praktyk. Dzięki temu wywiady pozwoliły nie tylko potwierdzić dane uzyskane w badaniu ankietowym, ale także zidentyfikować nowe zjawiska i zależności, np. bariery o charakterze kulturowym czy organizacyjnym, które nie zawsze są widoczne w twardych wskaźnikach.

Włączenie wywiadów do metodyki badawczej umożliwiło triangulację danych – zestawienie i porównanie wyników pochodzących z różnych źródeł (ankieta ilościowa, ankieta jakościowa, wywiady). Takie podejście zwiększa wiarygodność wniosków, pozwala na lepsze zrozumienie kontekstu lokalnego i wypracowanie rekomendacji, które są adekwatne do realnych potrzeb samorządów

Po zakończeniu etapu zbierania danych firma Fast Solutions, odpowiedzialna za realizację badania, przeprowadziła wstępną weryfikację techniczną uzyskanych odpowiedzi. Sprawdzenie kompletności wykazało, że wszystkie kwestionariusze spełniały kryteria włączenia do analizy – nie stwierdzono braków w pytaniach kluczowych ani odpowiedzi budzących wątpliwości co do rzetelności wypełnienia. Dzięki temu możliwe było uwzględnienie pełnego zbioru danych w dalszych analizach, co zapewnia szerokie i porównywalne ujęcie wyników.

Dane z kwestionariuszy zostały poddane procesowi przygotowania do analizy statystycznej. W przypadku pytań zamkniętych każdej kategorii odpowiedzi przypisano kody numeryczne, co umożliwiło ich przetwarzanie w pakietach statystycznych. Pytania o charakterze półotwartym (np. z opcją „inne – proszę podać”) zostały przeglądnięte, a udzielone dopiski zaklasyfikowano do

dodatkowych kategorii, o ile ich treść wskazywała na powtarzające się wzorce. Następnie dane zostały zaimportowane do środowisk analitycznych (SPSS, Statistica, Excel), gdzie przygotowano zestawienia opisowe, rozkłady odpowiedzi i wartości wskaźników cząstkowych dla poszczególnych wymiarów smart city.

Po zakończeniu etapu kodowania i standaryzacji odpowiedzi zespół badawczy przystąpił do właściwej analizy danych, wykorzystując zarówno metody statystyki opisowej, jak i bardziej zaawansowane techniki porównawcze, aby możliwie najpełniej uchwycić zróżnicowanie poziomu dojrzałości smart city w badanych jednostkach.

Ze względu na niewystarczającą liczebność danych empirycznych nie było możliwe zastosowanie klasycznych metod statystyki opisowej, takich jak obliczenie miar tendencji centralnej czy zmienności. Analiza ograniczyła się do zestawienia wariantów odpowiedzi oraz określenia ich częstości, co umożliwiło przedstawienie struktury uzyskanych wyników w sposób opisowy.

Reasumując, przyjęta metodyka badania w projekcie „Miasto 4.0 – uniwersalny model dojrzałości” zapewniła kompleksowe ujęcie problematyki transformacji cyfrowej miast, łącząc podejście ilościowe i jakościowe w ramach jednego narzędzia badawczego. Zastosowanie kwestionariusza ankiety, obejmującego zarówno część jakościową, jak i wskaźnikową, pozwoliło pozyskać dane odzwierciedlające subiektywną ocenę poziomu wdrożenia rozwiązań oraz – w ograniczonym zakresie – informacje liczbowe dotyczące wybranych aspektów funkcjonowania miast.

Pomimo braku pełnej zwrotności ankiet oraz niekompletności danych ilościowych, zgromadzony materiał badawczy dostarcza wartościowego materiału diagnostycznego, pozwalającego identyfikować kierunki rozwoju, bariery wdrożeniowe i obszary wymagające dalszej interwencji. Charakter eksploracyjny badania sprawia, że jego wyniki należy traktować jako punkt wyjścia do pogłębionych analiz porównawczych oraz budowy zintegrowanego modelu dojrzałości w przyszłych etapach projektu.

Uzupełnienie badania o indywidualne wywiady pogłębione umożliwiło lepsze zrozumienie kontekstu wdrożeń, uwarunkowań instytucjonalnych oraz potrzeb samorządów. Walidacja ekspercka narzędzia badawczego – obejmująca zarówno środowisko akademickie, jak i przedstawicieli administracji publicznej – zapewniła trafność treściową i spójność metodologiczną kwestionariusza.

Zgromadzony materiał empiryczny, po weryfikacji technicznej i standaryzacji, stanowi solidną podstawę do dalszych analiz jakościowych oraz do opracowania rekomendacji dla samorządów w zakresie wdrażania polityk smart city. W kolejnych etapach projektu planowane jest uzupełnienie danych ilościowych oraz opracowanie modelu dojrzałości Smart City 4.0 opartego na sześciu wymiarach rozwoju inteligentnych miast. Dzięki temu badanie zachowuje zarówno wymiar diagnostyczny, jak i aplikacyjny, wspierając proces podejmowania decyzji strategicznych i kształtowania polityk miejskich w duchu transformacji cyfrowej. Wieloetapowa struktura badania zwiększa jego potencjał rozwojowy, umożliwiając kontynuację w formule rozłożonej w czasie, która pozwoli monitorować postępy cyfrowej transformacji miast w czasie oraz stopniowo uzupełniać model o dane ilościowe i porównawcze, niezbędne do pełnego pomiaru dojrzałości Smart City 4.0.

4. Diagnoza rozwoju smart city i wykorzystania technologii ICT – wyniki badań ankietowych

4.1. Smart Environment - cyfrowe zarządzanie środowiskiem miejskim

Wymiar *Smart Environment* stanowi jeden z fundamentalnych filarów koncepcji inteligentnego miasta, koncentrując się na zrównoważonym zarządzaniu zasobami naturalnymi, redukcji emisji zanieczyszczeń oraz poprawie jakości życia mieszkańców poprzez zastosowanie nowoczesnych technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT). W ujęciu koncepcyjnym odnosi się on do zdolności miasta do integrowania danych środowiskowych z systemami zarządzania przestrzenią, transportem, energią i gospodarką odpadami, tak aby umożliwić podejmowanie decyzji opartych na wiedzy i danych (data-driven governance).

W literaturze przedmiotu *Smart Environment* łączy w sobie wymiar technologiczny i strategiczny. Z jednej strony obejmuje rozwój infrastruktury pomiarowej – systemów monitoringu jakości powietrza, wody czy hałasu – z drugiej natomiast wiąże się z wdrażaniem polityk miejskich ukierunkowanych na efektywność energetyczną, gospodarkę obiegu zamkniętego oraz adaptację do zmian klimatu. W tym sensie obszar ten stanowi kluczowy punkt styku między technologiczną transformacją miasta a jego zobowiązaniami środowiskowymi i społecznymi.

Dążenie do wdrażania rozwiązań w tym zakresie jest również konsekwencją zapisów międzynarodowych norm i strategii, takich jak ISO 37120, ISO 37122 i ISO 37123, które definiują wskaźniki zrównoważonego rozwoju miast, oraz celów Agendy 2030. Z perspektywy samorządów lokalnych komponent środowiskowy Smart City wymaga interdyscyplinarnego podejścia –

współpracy różnych jednostek organizacyjnych, integracji baz danych i tworzenia mechanizmów wymiany informacji między sektorami. To właśnie ta złożoność i wielowątkowość sprawiają, że *Smart Environment* jest jednym z najbardziej wymagających obszarów cyfrowej transformacji miasta.

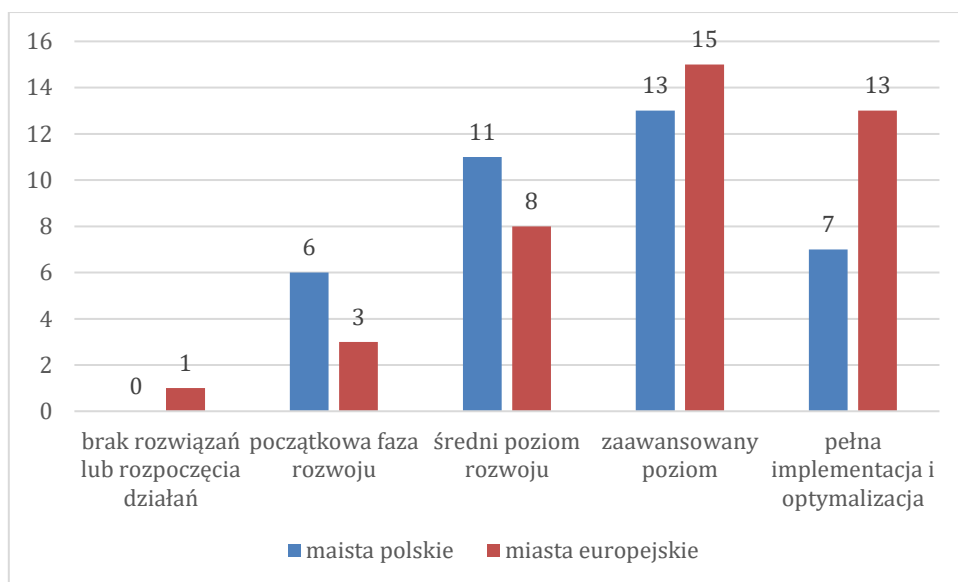
W celu szczegółowej diagnozy stopnia zaawansowania cyfrowego zarządzania środowiskiem miejskim w ramach wymiaru Smart Environment opracowano zestaw pytań odnoszących się do kluczowych aspektów tego obszaru. Wszystkie pytania miały jednolitą strukturę oceny i dotyczyły konkretnych praktyk samorządowych w zakresie wdrażania technologii informacyjno-komunikacyjnych (ICT) na rzecz zrównoważonego rozwoju. Respondenci oceniali, w jakim stopniu zgadzają się ze stwierdzeniami opisującymi działania ich miast, wybierając jedną z pięciu kategorii: brak rozwiązań lub rozpoczęcia działań, początkowa faza rozwoju, średni poziom rozwoju, zaawansowany poziom lub pełna implementacja i optymalizacja. Skala ta pozwala traktować uzyskane dane jako wskaźnik dojrzałości wdrożeń w poszczególnych obszarach polityki miejskiej.

Każde z analizowanych pytań koncentrowało się na innym aspekcie cyfrowego zarządzania środowiskiem – od monitorowania jakości powietrza i wdrażania rozwiązań opartych na koncepcji Industry 4.0, po wykorzystanie danych środowiskowych w gospodarce odpadami, zarządzaniu energią czy analizie zasobów miejskich. Tak skonstruowany układ pytań umożliwia nie tylko identyfikację stopnia zaawansowania technologicznego w poszczególnych dziedzinach, lecz także analizę różnic pomiędzy polskimi a europejskimi miastami w zakresie ich podejścia do cyfrowej transformacji środowiskowej.

Analiza wyników dotyczących zaangażowania samorządów w cyfrowe monitorowanie środowiska obejmuje cztery szczegółowe aspekty: inwestowanie w technologie monitorujące jakość powietrza, rozmieszczanie czujników środowiskowych w różnych częściach miasta, traktowanie środowiska jako priorytetu w procesie transformacji cyfrowej oraz wykorzystanie technologii cyfrowych do zarządzania terenami zielonymi (rys. 3).

W zakresie inwestycji w technologie monitorujące jakość powietrza wśród polskich miast nie odnotowano przypadków braku rozwiązań ani fazy początkowej. Cztery miasta wskazały średni poziom rozwoju, cztery – zaawansowany, a dwa – pełną implementację i optymalizację. Wskazuje to na stosunkowo wysoki stopień upowszechnienia rozwiązań monitorujących jakość powietrza w Polsce, przy czym przeważają wdrożenia w fazie operacyjnej, nie zaś w pełni zintegrowane

systemy. Wśród miast europejskich struktura odpowiedzi jest bardziej rozciągnięta: jedno miasto wskazało brak rozwiązań, dwa osiągnęły poziom średni, dwa – zaawansowany, a pięć – pełną implementację. Wyniki te potwierdzają, że w Europie technologie monitoringu powietrza częściej funkcjonują jako element dojrzałych systemów zarządzania środowiskiem, podczas gdy w Polsce dominują projekty wdrożeniowe w średnim lub zaawansowanym stadium.



Rysunek 3. Zaangażowanie samorządu terytorialnego w cyfrowe monitorowanie środowiska

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

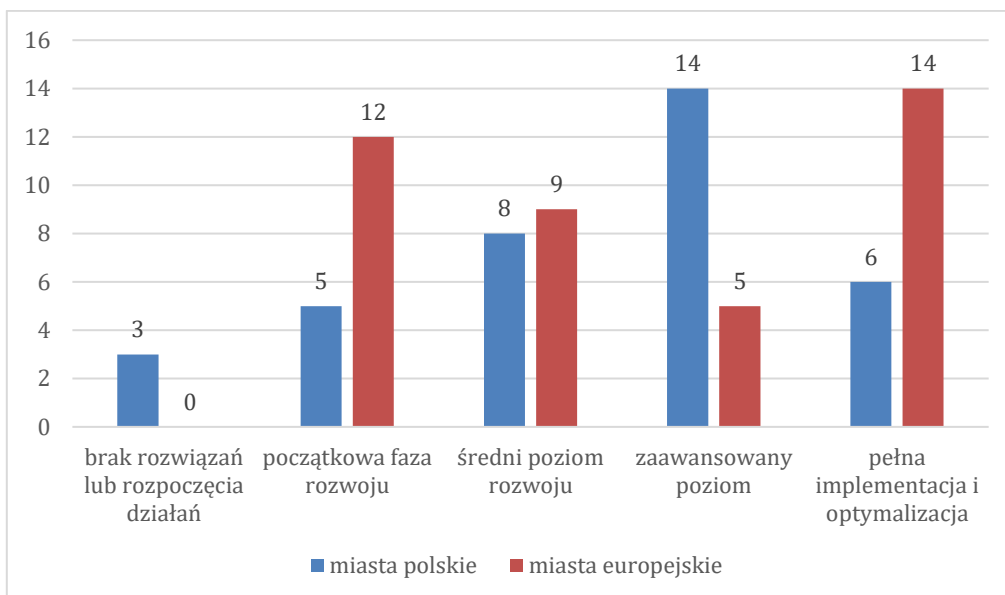
W obszarze rozmieszczania czujników środowiskowych w przestrzeni miejskiej polskie miasta wykazują duże zróżnicowanie: dwa znajdują się w fazie początkowej, dwa osiągnęły średni poziom, dwa – zaawansowany, a trzy – pełną implementację. Wskazuje to, że proces rozwoju infrastruktury czujnikowej w Polsce nie jest jednolity – część miast dopiero rozwija sieć pomiarową, podczas gdy inne dysponują już systemami o charakterze kompleksowym. W grupie miast europejskich jedno miasto znajduje się w fazie początkowej, trzy – na poziomie średnim, pięć – na poziomie zaawansowanym, a jedno – w pełni zintegrowanym. Układ ten pokazuje bardziej równomierny rozkład odpowiedzi, z przewagą miast na poziomie zaawansowanym, co może świadczyć o większej stabilności i standaryzacji rozwiązań środowiskowych w Europie.

W przypadku traktowania środowiska jako priorytetu w procesie transformacji cyfrowej w Polsce dominują wyższe poziomy zaawansowania: trzy miasta wskazały poziom średni, pięć – zaawansowany, a jedno – pełną implementację. Oznacza to, że dla większości badanych jednostek

kwestie środowiskowe stanowią już integralny element polityki cyfrowej, choć wciąż rzadko osiągają pełne zintegrowanie w ramach strategii miejskich. W miastach europejskich rozkład odpowiedzi przesunięty jest w stronę najwyższych wartości – jedno miasto znajduje się w fazie początkowej, jedno – na poziomie średnim, dwa – na poziomie zaawansowanym, a aż sześć – w kategorii pełnej implementacji. Oznacza to, że w europejskich miastach podejście do środowiska jest nie tylko elementem polityki cyfrowej, ale także jej priorytetem strategicznym, co znajduje odzwierciedlenie w wyraźnej dominacji odpowiedzi z najwyższej kategorii skali.

W zakresie wykorzystania technologii cyfrowych do zarządzania terenami zielonymi obserwuje się najniższy poziom rozwoju spośród analizowanych aspektów. W Polsce cztery miasta wskazały fazę początkową, dwa – średni poziom, dwa – zaawansowany, a jedno – pełną implementację. Dane te sugerują, że cyfrowe zarządzanie zielenią miejską znajduje się we wczesnym etapie wdrażania, a w większości przypadków obejmuje projekty pilotażowe lub lokalne. W miastach europejskich rozkład odpowiedzi jest przesunięty w górę skali: jedno miasto zadeklarowało brak rozwiązań, jedno – fazę początkową, dwa – średni poziom, sześć – poziom zaawansowany i jedno – pełną implementację. Można zatem stwierdzić, że w Europie technologie cyfrowe w tym obszarze są już stosunkowo dobrze rozwinięte, a większość miast osiągnęła etap zaawansowanego wdrożenia.

Porównując wyniki obu grup, można zauważyć, że polskie miasta częściej reprezentują poziomy średni i zaawansowany, co wskazuje na aktywny, lecz nadal rozwijający się etap wdrażania technologii środowiskowych. Miasta europejskie natomiast częściej osiągają najwyższą kategorię – pełną implementację i optymalizację – szczególnie w obszarach, które w Polsce dopiero zyskują na znaczeniu, takich jak strategiczne traktowanie środowiska w politykach cyfrowych. Różnice te odzwierciedlają nie tyle brak działań w Polsce, co różny etap dojrzałości systemów środowiskowych – w Polsce przeważają rozwiązania funkcjonujące w ramach odrębnych projektów, natomiast w miastach europejskich częściej występują zintegrowane systemy zarządzania oparte na danych środowiskowych.



Rysunek 4. Wdrażanie przez miasto rozwiązań Industry 4.0 na rzecz ochrony środowiska

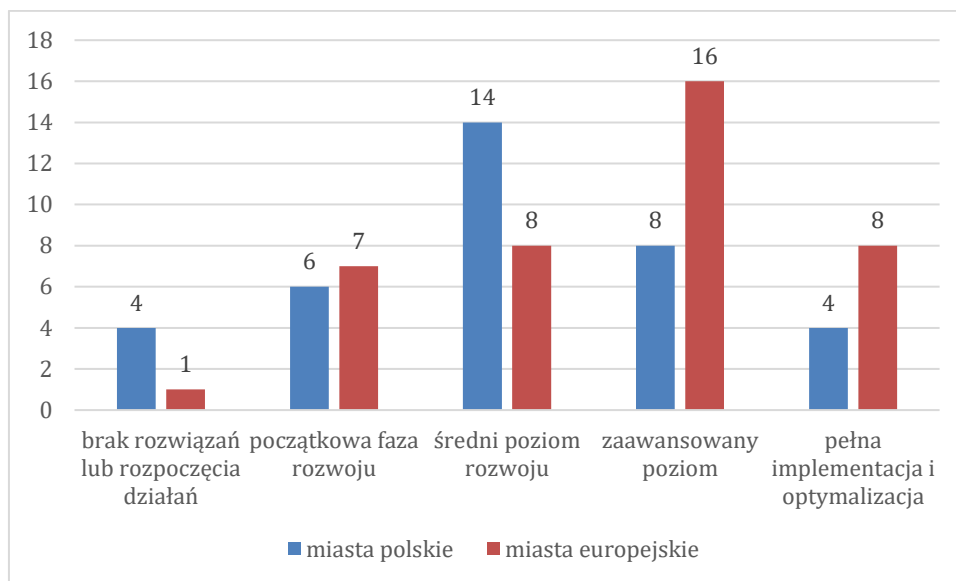
Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Analiza danych dotyczących wdrażania rozwiązań z zakresu Industry 4.0 na rzecz ochrony środowiska pozwala na ocenę stopnia cyfrowej dojrzałości miast w czterech wymiarach: wdrożenia systemów monitorujących wodę pitną, posiadania strategii ograniczania emisji gazów cieplarnianych, wykorzystania technologii Przemysłu 4.0 do wspierania działań proekologicznych oraz analizy zbieranych danych środowiskowych w procesie podejmowania decyzji (rys. 4).

W zakresie wdrożenia systemów monitorujących wodę pitną wśród polskich miast jeden przypadek odnosi się do braku rozwiązań, jedno miasto znajduje się w fazie początkowej, dwa – na poziomie średnim, cztery – na poziomie zaawansowanym, a jedno – osiągnęło pełną implementację. Wyniki te wskazują, że monitoring jakości wody jest już w Polsce powszechnie rozwijany, przy czym większość jednostek znajduje się w fazie zaawansowanych wdrożeń, obejmujących zautomatyzowane systemy pomiaru parametrów i alarmowania. W miastach europejskich nie wystąpiły przypadki braku rozwiązań. Trzy miasta znajdują się w fazie początkowej, cztery – na poziomie średnim, jedno – na poziomie zaawansowanym, a dwa – na etapie pełnej implementacji. Wskazuje to, że w Europie tego typu systemy mają bardziej zrównoważony rozkład pomiędzy różnymi fazami rozwoju, a najwyższy poziom osiągnęły przede wszystkim jednostki, które dysponują zintegrowanymi rozwiązaniami w ramach infrastruktury wodociągowej.

W obszarze strategii ograniczania emisji gazów cieplarnianych w Polsce najwięcej jednostek (cztery) zadeklarowało poziom zaawansowany, dwa – poziom średni, dwa – fazę początkową, a jedno – pełną implementację. Brak rozwiązań wystąpił w jednym przypadku. Można zatem stwierdzić, że w polskich miastach działania strategiczne w tym obszarze są prowadzone, lecz w większości przypadków wciąż znajdują się na etapie wdrożeń, nie zaś pełnej operacjonalizacji. W miastach europejskich odpowiedzi wskazują na wyraźnie większe zróżnicowanie: brak rozwiązań nie wystąpił, trzy miasta są w fazie początkowej, dwa – na poziomie średnim, jedno – na zaawansowanym, a aż pięć – na etapie pełnej implementacji. Świadczy to o bardziej dojrzałym i systemowym podejściu europejskich jednostek do zarządzania emisjami, które częściej realizują zintegrowane polityki klimatyczne, oparte na danych środowiskowych i celach redukcyjnych.

W zakresie wykorzystania technologii Industrii 4.0 do wspierania działań proekologicznych w Polsce występuje stosunkowo równomierny rozkład odpowiedzi: dwa miasta znajdują się w fazie początkowej, dwa – na poziomie średnim, dwa – na poziomie zaawansowanym, a jedno – w pełni zaimplementowało tego rodzaju rozwiązanie. Brak wdrożeń odnotowano w dwóch przypadkach. Wyniki te pokazują, że technologie Przemysłu 4.0 – takie jak Internet Rzeczy (IoT) czy systemy predykcyjne – dopiero zaczynają być integrowane z politykami środowiskowymi w Polsce. Wśród miast europejskich rozkład odpowiedzi wskazuje na nieco większe zaawansowanie: brak wdrożeń nie wystąpił, dwa miasta znajdują się w fazie początkowej, jedno – na poziomie średnim, cztery – na poziomie zaawansowanym, a trzy – na etapie pełnej implementacji. Można zatem zauważyć, że w Europie technologie te są bardziej zakorzenione w praktyce miejskiej, a ich zastosowanie obejmuje nie tylko monitoring, ale też automatyzację procesów związanych z gospodarką wodno-ściekową czy efektywnością energetyczną (rys. 5)



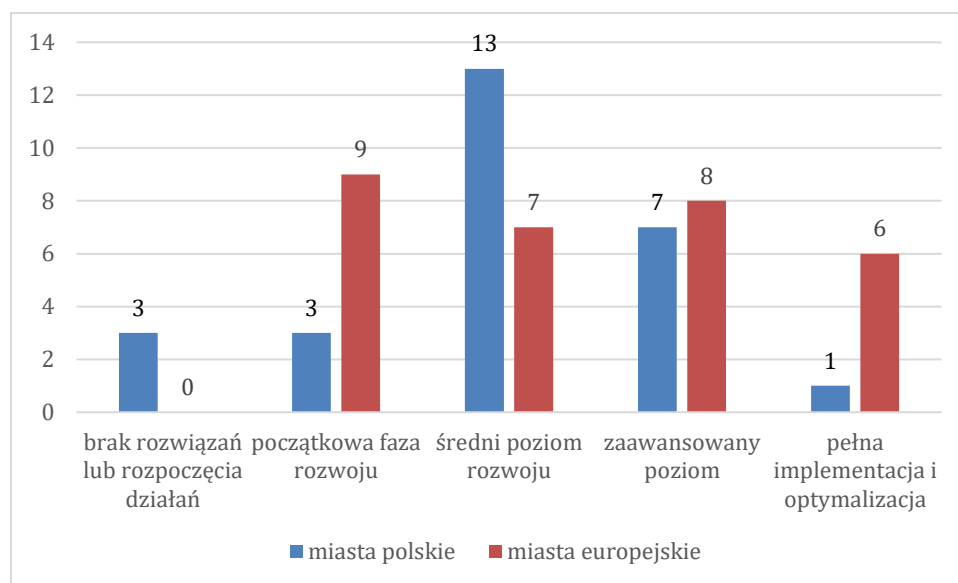
Rysunek 5. Miasto wykorzystuje narzędzi AI i dane środowiskowe

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W zakresie analizy danych środowiskowych w procesie podejmowania decyzji wśród polskich miast brak rozwiązań zadeklarowało jedno miasto, jedno znajduje się w fazie początkowej, dwa osiągnęły poziom średni, cztery – zaawansowany, a dwa – pełną implementację. Dane te wskazują, że wykorzystanie analityki danych w procesach decyzyjnych staje się istotnym elementem zarządzania środowiskiem, lecz nie jest jeszcze powszechnie ugruntowane. W miastach europejskich brak rozwiązań nie występuje, cztery miasta znajdują się w fazie początkowej, dwa – na poziomie średnim, żadne – na poziomie zaawansowanym, a cztery – w kategorii pełnej implementacji. Wskazuje to na wyraźną polaryzację – część jednostek europejskich dopiero rozpoczyna proces wdrażania analityki środowiskowej, podczas gdy inne osiągnęły pełne zintegrowanie tego elementu w zarządzaniu miejskim.

Porównanie wyników obu grup wskazuje, że w Polsce wdrażanie rozwiązań Industry 4.0 w ochronie środowiska ma charakter ewolucyjny, z przewagą poziomów średnich i zaawansowanych, natomiast w miastach europejskich częściej obserwuje się dychotomię między początkowymi a w pełni zaimplementowanymi rozwiązaniami. W konsekwencji polskie miasta można uznać za znajdujące się w fazie konsolidacji technologicznej, a europejskie – w fazie systemowej integracji, w której rozwiązania cyfrowe stanowią podstawę operacyjną polityki środowiskowej.

Kontynuując analizę cyfrowych aspektów zarządzania środowiskiem miejskim, warto przyjrzeć się, w jaki sposób technologie informacyjno-komunikacyjne są wykorzystywane w gospodarce odpadami i procesach recyklingu (rys. 6). Obszar ten stanowi praktyczny wymiar wdrażania koncepcji Smart Environment, w którym dane środowiskowe, technologie IoT oraz rozwiązania automatyzujące procesy zbiórki i przetwarzania odpadów pozwalają zwiększać efektywność systemów komunalnych oraz ograniczać negatywny wpływ miasta na środowisko. Analizie poddano trzy szczegółowe zagadnienia: wykorzystanie danych z czujników środowiskowych do optymalizacji gospodarki odpadami, wspieranie recyklingu technologiami cyfrowymi oraz dostosowywanie inwestycji w technologie środowiskowe do rzeczywistych potrzeb jednostek samorządu terytorialnego.



Rysunek 6. Działania dotyczące wykorzystania technologii cyfrowych w zarządzaniu odpadami i recyklingiem

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W zakresie wykorzystania danych z czujników środowiskowych do optymalizacji procesów odpadowych wśród polskich miast trzy jednostki zadeklarowały brak rozwiązań, jedno znajduje się w fazie początkowej, trzy – na poziomie średnim, dwa – na poziomie zaawansowanym, a żadne nie osiągnęło pełnej implementacji. Dane te wskazują, że systemy analityczne oparte na czujnikach (np. do pomiaru zapełnienia pojemników czy planowania tras odbioru odpadów) są w Polsce dopiero w fazie rozwoju, a ich wykorzystanie ma najczęściej charakter lokalny i projektowy. W

miastach europejskich struktura odpowiedzi układa się inaczej – brak rozwiązań nie wystąpił, trzy miasta znajdują się w fazie początkowej, trzy na poziomie średnim, dwa na poziomie zaawansowanym, a dwa w pełni zintegrowały tego rodzaju systemy z miejskimi platformami danych. Pokazuje to, że w Europie czujniki środowiskowe stanowią częściej integralny element infrastruktury miejskiej, a dane z nich pozyskiwane są bezpośrednio wykorzystywane w zarządzaniu operacyjnym.

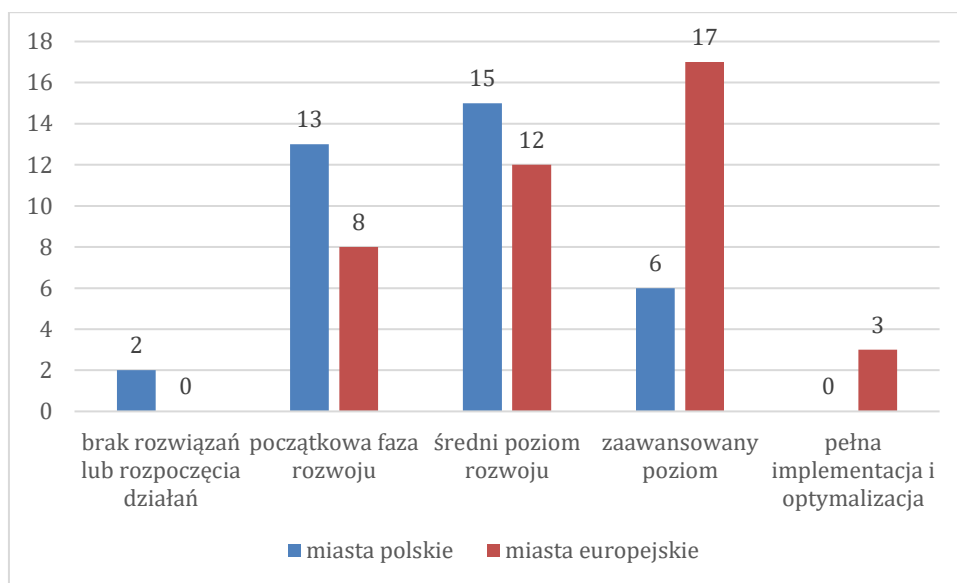
W obszarze wspierania recyklingu technologiami cyfrowymi polskie miasta wykazują wyższy stopień aktywności. Brak rozwiązań wystąpił w jednym przypadku, jedno miasto znajduje się w fazie początkowej, cztery osiągnęły poziom średni, trzy – zaawansowany, a jedno – pełną implementację. Sugeruje to, że technologie cyfrowe (takie jak systemy identyfikacji RFID, aplikacje dla mieszkańców czy platformy wymiany surowców wtórnych) stają się w Polsce istotnym narzędziem wspierającym gospodarkę o obiegu zamkniętym. W miastach europejskich rozkład odpowiedzi wygląda odmiennie – pięć jednostek znajduje się w fazie początkowej, jedno na poziomie średnim, trzy na poziomie zaawansowanym, a jedno – w pełni zintegrowało rozwiązania cyfrowe w systemie recyklingu. Wyniki te sugerują, że w Europie proces cyfryzacji recyklingu dopiero się stabilizuje, a większość ośrodków znajduje się na etapie rozbudowy infrastruktury informatycznej i testowania modeli zarządzania danymi.

Z kolei w zakresie dostosowywania inwestycji w technologie środowiskowe do realnych potrzeb polskie miasta najczęściej wskazywały poziom średni (sześć przypadków), przy dwóch ocenach zaawansowanych, jednej początkowej i jednym braku rozwiązań. Dane te pokazują, że samorządy w Polsce coraz częściej podejmują próby lepszego dopasowania inwestycji technologicznych do lokalnych uwarunkowań i faktycznych potrzeb środowiskowych, choć proces ten nie ma jeszcze charakteru systemowego. Wśród miast europejskich brak rozwiązań nie wystąpił, jedno miasto znajduje się w fazie początkowej, trzy – na poziomie średnim, trzy – na poziomie zaawansowanym i trzy – na etapie pełnej implementacji. Świadczy to o znacznie większym stopniu dojrzałości procesów inwestycyjnych, w których technologie cyfrowe są planowane w oparciu o długoterminowe strategie, dane empiryczne i analizy kosztów środowiskowych.

Porównanie wyników obu grup pozwala stwierdzić, że w Polsce cyfrowe zarządzanie odpadami i recyklingiem rozwija się w sposób stopniowy i fragmentaryczny, podczas gdy w Europie częściej przybiera formę zintegrowanych ekosystemów danych, obejmujących nie tylko monitoring, lecz

także planowanie, predykcję i optymalizację działań. W polskich miastach dominują poziomy średnie i zaawansowane, świadczące o intensywnym, lecz wciąż nierównomiernym procesie wdrażania. W miastach europejskich natomiast obserwuje się szersze spektrum dojrzałości – od jednostek dopiero rozpoczynających cyfryzację systemów odpadowych po te, które osiągnęły pełną implementację i optymalizację rozwiązań. Taki rozkład wskazuje, że polskie miasta wchodzą w etap konsolidacji doświadczeń, podczas gdy miasta europejskie w coraz większym stopniu integrują cyfrowe technologie środowiskowe z długofalowymi strategiami zrównoważonego rozwoju.

Kolejnym analizowanym obszarem był poziom wyposażenia miast w zasoby materialne i technologiczne, które umożliwiają wdrażanie rozwiązań ekologicznych w ramach cyfrowego zarządzania środowiskiem. (rys. 7) Pytanie to pozwalało ocenić nie tylko stopień zaawansowania technologicznego, lecz także zdolność miast do utrzymania ciągłości procesów modernizacyjnych i inwestycyjnych w obszarze Smart Environment. Analizie poddano cztery elementy infrastrukturalne: dostępność zasobów do wdrażania ekologicznych technologii, zautomatyzowane i energooszczędne systemy oświetlenia ulicznego, zieloną infrastrukturę z automatycznym nawadnianiem i robotami oraz monitoring efektywności zużycia energii na mieszkańca.



Rysunek 7. Zasoby miasta umożliwiają cyfrowe zarządzanie środowiskiem

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W zakresie dostępności zasobów umożliwiających wdrażanie ekologicznych technologii żadne z polskich miast nie wskazało braku rozwiązań. Trzy jednostki znajdują się w fazie początkowej, pięć osiągnęło poziom średni, jedno – poziom zaawansowany, natomiast pełna implementacja nie została jeszcze odnotowana. Dane te sugerują, że większość polskich samorządów posiada już podstawowe zdolności inwestycyjne i organizacyjne w tym zakresie, lecz wciąż ograniczone możliwości długofalowego finansowania wdrożeń. W miastach europejskich brak rozwiązań również nie występuje, jedno miasto znajduje się w fazie początkowej, jedno – na poziomie średnim, a osiem – na poziomie zaawansowanym. Wyniki te wskazują, że europejskie ośrodki miejskie są w zdecydowanie bardziej zaawansowanej fazie konsolidacji zasobów, co potwierdza ich większą zdolność do implementacji rozwiązań ekologicznych w ramach polityk miejskich.

W odniesieniu do zautomatyzowanych i energooszczędnych systemów oświetlenia ulicznego polskie miasta prezentują rozkład zbliżony do umiarkowanego poziomu rozwoju: dwie jednostki znajdują się w fazie początkowej, cztery – na poziomie średnim, trzy – na poziomie zaawansowanym, a żadna nie osiągnęła pełnej optymalizacji. Oznacza to, że modernizacja oświetlenia, choć postępuje, ma często charakter punktowy i nie obejmuje pełnej integracji z miejskimi systemami zarządzania energią. W miastach europejskich sytuacja przedstawia się korzystniej – dwa miasta znajdują się w fazie początkowej, trzy na poziomie średnim, trzy na poziomie zaawansowanym i dwa na etapie pełnej implementacji. Dane te potwierdzają, że automatyzacja oświetlenia stanowi w Europie jeden z priorytetowych obszarów transformacji energetycznej, a wdrożenia realizowane są w sposób bardziej kompleksowy, często w powiązaniu z systemami inteligentnego sterowania ruchem i analizą natężenia światła.

Z kolei w obszarze wykorzystania zielonej infrastruktury z automatycznym nawadnianiem i robotami wśród polskich miast najczęściej występują poziomy średni (cztery przypadki) i początkowy (cztery przypadki), przy jednym przypadku poziomu zaawansowanego i braku implementacji w pełni zintegrowanej. Oznacza to, że automatyzacja zielonej infrastruktury, w tym systemów irygacyjnych czy robotyki miejskiej, dopiero się rozwija i jest często ograniczona do projektów pilotażowych. W Europie natomiast odnotowano cztery miasta na poziomie początkowym, trzy na poziomie średnim, dwa na poziomie zaawansowanym i jedno z pełną implementacją. Dane te wskazują na większą dojrzałość rozwiązań w tym obszarze, wynikającą z dłuższej tradycji integrowania technologii środowiskowych z planowaniem przestrzennym i zarządzaniem zielenią miejską.

Wreszcie, w zakresie monitorowania efektywności zużycia energii na mieszkańca wśród polskich miast cztery znajdują się na poziomie początkowym, trzy – na poziomie średnim, jedno – na poziomie zaawansowanym, jedno – na etapie pełnej implementacji, a jedno – deklaruje brak rozwiązań. Wyniki te sugerują, że analiza danych energetycznych wciąż nie stanowi stałego elementu zarządzania środowiskowego, lecz jest raczej domeną pojedynczych projektów realizowanych w ramach modernizacji budynków lub sieci energetycznych. W miastach europejskich natomiast struktura odpowiedzi przesuwają się ku wyższym poziomom: jedno miasto znajduje się w fazie początkowej, pięć – na poziomie średnim, cztery – na poziomie zaawansowanym, a pełna integracja nie została jeszcze osiągnięta. Można więc stwierdzić, że europejskie miasta znacznie częściej wykorzystują dane o zużyciu energii w planowaniu polityk efektywności energetycznej, a proces ten ma charakter systemowy i obejmuje większe populacje.

Porównanie wyników obu grup miast wskazuje na wyraźne różnice w poziomie dojrzałości infrastrukturalnej i zdolności wdrożeniowej. W Polsce rozwiązania z zakresu cyfrowego zarządzania środowiskiem rozwijają się stopniowo i selektywnie – dominują poziomy średnie, świadczące o prowadzeniu projektów rozwojowych bez pełnej integracji międzysektorowej. W Europie natomiast przeważają poziomy zaawansowane, co sugeruje większą stabilność finansową, wyższy poziom kompetencji technicznych oraz skuteczniejsze mechanizmy zarządzania danymi. Różnice te odzwierciedlają odmienne tempo i skalę cyfrowej transformacji w obszarze infrastruktury środowiskowej – w Polsce proces ten ma nadal charakter modernizacyjny, podczas gdy w Europie osiąga poziom konsolidacji i optymalizacji w ramach zrównoważonych strategii miejskich.

W ostatnim z analizowanych zagadnień oceniono stopień wykorzystania przez miasta narzędzi sztucznej inteligencji oraz danych środowiskowych w procesach zarządzania. Obszar ten stanowi istotne rozszerzenie koncepcji Smart Environment, gdyż wskazuje na przejście od prostego monitoringu i gromadzenia informacji do analityki predykcyjnej, automatyzacji decyzji i komunikacji opartej na danych. Ocenie poddano cztery obszary aktywności: monitorowanie zagrożeń środowiskowych w czasie rzeczywistym, wykorzystanie systemów AI wspierających analizę danych środowiskowych, stosowanie modeli predykcyjnych oraz komunikowanie działań ekologicznych mieszkańcom za pomocą rozwiązań cyfrowych.

W grupie miast europejskich monitorowanie zagrożeń środowiskowych w czasie rzeczywistym znajduje się na poziomie średnio zaawansowanym. Brak rozwiązań nie występuje, jedno miasto

znajduje się w fazie początkowej, cztery osiągnęły poziom średni, trzy – poziom zaawansowany, a dwa – pełną implementację. Dane te wskazują, że europejskie samorządy coraz częściej korzystają z rozwiązań umożliwiających bieżące śledzenie stanu środowiska, takich jak sieci IoT, czujniki jakości powietrza i wody czy systemy wczesnego ostrzegania przed zagrożeniami klimatycznymi. W Polsce natomiast struktura odpowiedzi wskazuje na znacznie niższy poziom wdrożeń – brak rozwiązań zgłosiło jedno miasto, jedno znajduje się w fazie początkowej, siedem na poziomie średnim, jedno – zaawansowanym, a pełna implementacja nie występuje. Oznacza to, że polskie miasta dopiero budują zdolności w zakresie monitoringu czasu rzeczywistego, a rozwiązania te mają głównie charakter eksperymentalny lub ograniczony do wybranych obszarów.

W zakresie wykorzystania systemów sztucznej inteligencji wspierających analizę danych środowiskowych różnice między grupami są również wyraźne. W Europie brak rozwiązań odnotowano w trzech miastach, trzy znajdują się w fazie początkowej, trzy na poziomie średnim, a jedno – w fazie zaawansowanej. Wskazuje to, że mimo wysokiego poziomu technologicznego, praktyczne wykorzystanie AI do analiz środowiskowych pozostaje na etapie rozwoju, głównie w formie pilotaży. W Polsce trzy miasta znajdują się w fazie braku rozwiązań, trzy – w początkowej, jedno – na poziomie średnim, jedno – zaawansowanym, a jedno – w pełni wdrożonym. Dane te ujawniają jeszcze większe zróżnicowanie i wskazują, że wykorzystanie sztucznej inteligencji w analizie danych środowiskowych pozostaje w Polsce marginalne, ograniczone do jednostkowych projektów badawczo-rozwojowych lub eksperymentalnych zastosowań w obszarze transportu i jakości powietrza.

Zastosowanie predykcyjnych modeli środowiskowych, umożliwiających prognozowanie zmian klimatycznych, jakości powietrza czy zagrożeń urbanistycznych, prezentuje podobny poziom dojrzałości. W miastach europejskich jedno znajduje się w fazie braku rozwiązań, dwa – w fazie początkowej, cztery – na poziomie zaawansowanym i trzy – w pełni zintegrowały modele predykcyjne w strukturach zarządzania. Oznacza to, że predykcja oparta na danych środowiskowych staje się tam realnym narzędziem wspomagającym procesy decyzyjne. W Polsce z kolei jedno miasto znajduje się w fazie braku rozwiązań, dwa – w początkowej, dwa – na poziomie średnim, trzy – zaawansowanym i jedno – na poziomie pełnej implementacji. Wskazuje to, że choć kompetencje w zakresie modelowania predykcyjnego zaczynają się rozwijać, nadal mają one charakter punktowy i nie są jeszcze powszechnie wykorzystywane w zarządzaniu środowiskiem.

W obszarze komunikowania działań ekologicznych mieszkańcom za pomocą rozwiązań cyfrowych różnice są szczególnie interesujące. Wśród miast europejskich brak rozwiązań zgłosiło jedno miasto, jedno znajduje się w fazie początkowej, jedno – na poziomie średnim, sześć – na poziomie zaawansowanym i dwa – osiągnęły pełną implementację. Wskazuje to, że komunikacja cyfrowa stanowi integralną część strategii środowiskowych, a miasta coraz częściej wykorzystują aplikacje miejskie, tablice informacyjne i platformy danych publicznych w celu angażowania mieszkańców w działania proekologiczne. W Polsce natomiast brak rozwiązań zadeklarowało jedno miasto, cztery znajdują się w fazie średniego rozwoju, trzy – na poziomie zaawansowanym, a dwa – na poziomie pełnej implementacji. Dane te sugerują, że polskie miasta dostrzegają wagę komunikacji cyfrowej w edukacji ekologicznej i partycypacji, jednak działania te często mają charakter projektowy, a nie systemowy.

Porównanie obu grup pozwala stwierdzić, że europejskie miasta znajdują się w bardziej zaawansowanej fazie integracji narzędzi AI i analityki danych z zarządzaniem środowiskowym, co wynika z lepszej infrastruktury danych, większych kompetencji analitycznych oraz szerszego dostępu do finansowania badań i innowacji. Polskie miasta natomiast w większym stopniu koncentrują się na wdrażaniu podstawowych narzędzi monitoringu i komunikacji, co można interpretować jako etap przygotowawczy do szerszej cyfryzacji procesów decyzyjnych. Widać wyraźnie, że przejście od monitoringu do predykcji oraz od gromadzenia danych do ich analizy przy wsparciu AI stanowi obecnie jedno z kluczowych wyzwań dla rozwoju Smart Environment w Polsce.

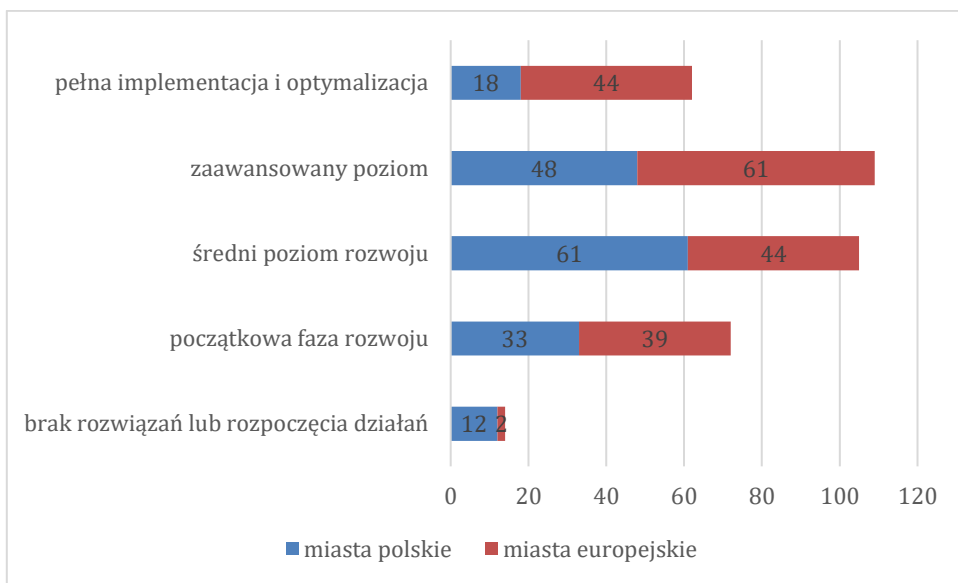
Reasumując. Wymiar Smart Environment ujawnia kluczową zależność między transformacją cyfrową a zdolnością miast do realizacji celów środowiskowych. W Polsce cyfryzacja w tym obszarze ma charakter rozwojowy, oparty na projektach sektorowych, podczas gdy w Europie Zachodniej osiągnęła etap integracji danych i decyzji w ramach miejskiego zarządzania strategicznego. Dalszy rozwój wymaga nie tylko inwestycji technologicznych, lecz także budowy kompetencji analitycznych, standaryzacji danych i współpracy międzysektorowej, które staną się podstawą przejścia od Smart City 3.0 do Smart City 4.0.

Podsumowanie wyników i rekomendacje w zakresie rozwoju cyfrowego zarządzania środowiskiem

Zgromadzone dane, mimo ograniczonej liczebności próby, pozwalają uchwycić istotne różnice w podejściu do cyfrowego zarządzania środowiskiem pomiędzy miastami polskimi a europejskimi. Wyniki należy traktować jako eksploracyjne – służące identyfikacji tendencji i jakościowych wzorców rozwoju, a nie jako statystyczne uogólnienie populacyjne. Analiza wskazuje, że w Polsce proces transformacji środowiskowej dopiero wchodzi w fazę konsolidacji, podczas gdy w Europie Zachodniej osiągnął już etap systemowej integracji. Dane ujawniają także różnice w zdolności miast do łączenia polityk środowiskowych z procesami cyfryzacji i zarządzania danymi.

W odniesieniu do cyfrowego monitorowania środowiska miasta europejskie charakteryzują się wyraźnie bardziej zaawansowanymi praktykami w zakresie rozmieszczania czujników, zarządzania terenami zielonymi oraz traktowania środowiska jako integralnego elementu transformacji cyfrowej. Polska grupa miast pozostaje w fazie średniego rozwoju – technologie monitorujące i systemy pomiarowe są wdrażane, lecz wciąż w sposób rozproszony i bez pełnej integracji z procesami decyzyjnymi. W praktyce oznacza to, że narzędzia cyfrowe pełnią raczej funkcję informacyjną niż strategiczno-zarządczą.

W obszarze wdrażania rozwiązań Industry 4.0 na rzecz ochrony środowiska różnice są jeszcze bardziej wyraźne (rys. 8). W miastach europejskich technologie czwartej rewolucji przemysłowej – obejmujące automatyzację, analizę danych, uczenie maszynowe i systemy predykcyjne – stanowią integralny element polityk zrównoważonego rozwoju. W Polsce natomiast obserwuje się wdrożenia punktowe, zwykle o charakterze pilotażowym lub infrastrukturalnym, niepowiązane z długofalowymi strategiami klimatycznymi. Brak spójnych strategii ograniczania emisji i zintegrowanych systemów analitycznych utrudnia wykorzystanie potencjału danych w planowaniu miejskim.



Rysunek 8. Zakres wykorzystania technologii Industry 4.0 w obszarze smart environmental w miastach polskich i europejskich

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W zakresie cyfrowego zarządzania odpadami i recyklingiem stopień zaawansowania pozostaje umiarkowany w obu grupach, jednak w Europie przeważają rozwiązania średniego i zaawansowanego poziomu rozwoju. Wskazuje to na rosnącą rolę danych środowiskowych w procesach optymalizacji gospodarki odpadami. Polskie miasta, mimo pojedynczych projektów pilotażowych, rzadko integrują dane z czujników środowiskowych w systemach recyklingu i planowania inwestycji. Ograniczenia te wynikają z rozproszenia danych, niskiego poziomu interoperacyjności systemów oraz braku doświadczeń w analizie cyklu życia produktów (LCA) na poziomie administracji lokalnej.

Analiza zasobów umożliwiających cyfrowe zarządzanie środowiskiem potwierdza wyraźną przewagę miast europejskich, zwłaszcza w zakresie zautomatyzowanego oświetlenia ulicznego, zielonej infrastruktury z automatycznym nawadnianiem i systemów monitoringu energetycznego. Polskie miasta dominują w kategoriach średniego poziomu rozwoju, co sugeruje, że większość projektów znajduje się w fazie testów lub ograniczonego wdrożenia. Wyniki te odzwierciedlają różnice w kapitale inwestycyjnym i doświadczeniu w pozyskiwaniu funduszy badawczo-innowacyjnych w ramach europejskich programów Smart City.

Największe kontrasty występują w zakresie wykorzystania narzędzi sztucznej inteligencji i danych środowiskowych. W miastach europejskich narzędzia te są stosowane do prognozowania

zmian i wspierania decyzji w czasie rzeczywistym, a komunikacja cyfrowa z mieszkańcami stanowi integralny element strategii ekologicznych. W Polsce natomiast zastosowania AI i modeli predykcyjnych pozostają w fazie eksperymentalnej, ograniczonej do projektów badawczo-rozwojowych. Wskazuje to na lukę kompetencyjną w zakresie analizy danych, modelowania predykcyjnego i wykorzystania technologii kognitywnych w zarządzaniu środowiskiem.

Zestawienie wszystkich wyników pozwala wskazać zasadniczą różnicę pomiędzy miastami polskimi i europejskimi: podczas gdy w Europie obserwuje się model systemowy, w którym dane środowiskowe są przetwarzane i integrowane w politykach miejskich, w Polsce dominuje podejście selektywne i reaktywne – oparte na wdrażaniu pojedynczych rozwiązań technologicznych bez trwałego sprzężenia zwrotnego między danymi, decyzjami i działaniami.

Tabela 1 syntetyzuje wyniki badań, wskazując na wyraźne różnice w poziomie cyfrowej dojrzałości miast w wymiarze Smart Environment. W każdym z analizowanych obszarów miasta europejskie osiągają wyższy poziom integracji technologicznej i organizacyjnej, potwierdzając tym samym istnienie utrwalonej luki wdrożeniowej pomiędzy nimi a miastami polskimi. Dane ujawniają również zróżnicowanie charakteru działań – od fragmentarycznych inicjatyw i projektów pilotażowych w Polsce po kompleksowe systemy zarządzania środowiskiem w Europie. Wskazuje to na różne etapy cyklu dojrzałości cyfrowej: od fazy eksperymentalnej i testowej w Polsce do fazy optymalizacji i konsolidacji w miastach europejskich.

Tabela 1. Syntetyczne zestawienie poziomu cyfrowej dojrzałości miast w wymiarze Smart Environment

Obszar badania	Polska – dominujący poziom	Europa – dominujący poziom	Charakterystyka różnicy
Cyfrowe monitorowanie środowiska	Średni – zaawansowany	Zaawansowany – pełna implementacja	W Polsce wdrożenia fragmentaryczne, w Europie zintegrowane systemy czujników
Industy 4.0 dla środowiska	Średni	Zaawansowany	Polska – pilotaże, Europa – rozwiązania systemowe
Gospodarka odpadami i recykling	Początkowy – średni	Średni – zaawansowany	Różnice w integracji danych i analizie cyklu życia
Zasoby technologiczne i infrastrukturalne	Średni	Zaawansowany	W Europie automatyzacja i zielona infrastruktura, w Polsce faza testowa
AI i dane środowiskowe	Początkowy	Zaawansowany	W Polsce faza eksperymentalna, w Europie pełna integracja z zarządzaniem

Źródło: opracowanie własne.

Zestawienie wyników pozwala sformułować kilka ogólnych wniosków, które – ze względu na ograniczoną liczebność próby – należy traktować jako wskazania tendencji, a nie uogólnienia dla całej populacji miast:

1. Miasta polskie wykazują rosnące zaangażowanie w cyfrowe zarządzanie środowiskiem, jednak proces ten przebiega w sposób rozproszony i nieskoordynowany.
2. W miastach europejskich cyfrowe narzędzia środowiskowe stanowią integralny element strategii zarządzania, co świadczy o dojrzałości instytucjonalnej i kompetencyjnej.
3. Kluczowym czynnikiem różnicującym jest poziom integracji danych oraz zdolność do ich wykorzystania w procesach decyzyjnych, co w Polsce wciąż stanowi istotne ograniczenie.

Zidentyfikowane różnice nie oznaczają jednak, że polskie miasta są biernymi uczestnikami procesów transformacji. Przeciwnie, obserwowane inicjatywy lokalne świadczą o rosnącej świadomości znaczenia technologii cyfrowych dla zarządzania środowiskiem. Tym samym można mówić o etapie przejściowym, w którym doświadczenia zdobywane na poziomie pilotaży mogą stanowić podstawę do bardziej systemowych działań w przyszłości. W tym kontekście zasadne jest wskazanie kierunków, które mogłyby sprzyjać przyspieszeniu rozwoju cyfrowego wymiaru środowiskowego w Polsce i zbliżeniu go do standardów europejskich.

Z tego względu rekomendacje przedstawione poniżej mają charakter orientacyjny i rozwojowy – nie stanowią normatywnych zaleceń, lecz odzwierciedlają możliwe kierunki doskonalenia polityk miejskich w oparciu o zidentyfikowane tendencje:

1. Wzmocnienie kompetencji analitycznych samorządów – poprzez programy szkoleniowe i wymianę wiedzy w zakresie analizy danych środowiskowych, modelowania predykcyjnego i zastosowań sztucznej inteligencji w planowaniu miejskim.
2. Budowę interoperacyjnych platform danych – rozwój zintegrowanych ekosystemów środowiskowych łączących dane z czujników, GIS i systemów administracyjnych, co mogłoby poprawić jakość podejmowanych decyzji.
3. Integrację rozwiązań cyfrowych w politykach miejskich – stopniowe przechodzenie od działań pilotażowych do trwałych strategii zarządzania środowiskiem opartych na danych.
4. Rozszerzanie zastosowań technologii Industry 4.0 w gospodarce zasobami – w tym automatyzacji procesów, Internetu Rzeczy i analityki danych, w celu poprawy efektywności energetycznej i ograniczenia emisji.

5. Rozwój cyfrowych kanałów komunikacji z mieszkańcami – wspieranie partycypacji ekologicznej i budowanie świadomości środowiskowej poprzez aplikacje miejskie, platformy konsultacyjne i systemy informacji publicznej.

Reasumując. Wyniki analizy wymiaru Smart Environment ukazują, że proces cyfrowej transformacji środowiskowej w polskich miastach znajduje się w fazie konsolidacji doświadczeń i stopniowego przechodzenia od pojedynczych projektów do bardziej zintegrowanych rozwiązań. Jednocześnie rosnąca liczba wdrożeń oraz rozwój infrastruktury pomiarowej i analitycznej pozwalają zakładać, że w kolejnych latach możliwe będzie przyspieszenie procesów adaptacyjnych i lepsze wykorzystanie potencjału danych w zarządzaniu zasobami naturalnymi. Warto podkreślić, że cyfrowe zarządzanie środowiskiem stanowi fundament dla pozostałych wymiarów koncepcji Smart City, zwłaszcza dla inteligentnej mobilności, której rozwój w sposób bezpośredni zależy od jakości środowiska, dostępności energii oraz efektywności systemów infrastrukturalnych.

4.2. Smart Mobility – cyfrowa transformacja systemów transportu miejskiego

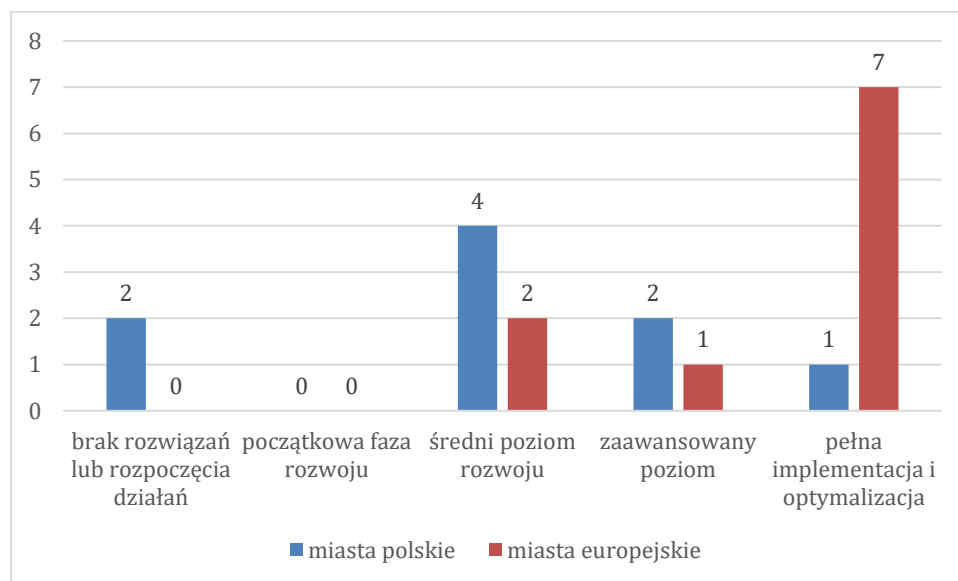
Wymiar inteligentnej mobilności odnosi się do zastosowania technologii cyfrowych w organizacji, zarządzaniu i planowaniu mobilności w miastach, przy jednoczesnym dążeniu do redukcji emisji, poprawy dostępności i zwiększenia efektywności transportu. Stanowi on jeden z najbardziej dynamicznie rozwijających się komponentów koncepcji Smart City 4.0, w którym technologie ICT, systemy analizy danych oraz rozwiązania oparte na sztucznej inteligencji łączą się z celami zrównoważonego rozwoju.

W ujęciu systemowym Smart Mobility obejmuje rozwój inteligentnych systemów transportowych (ITS), integrację różnych form transportu publicznego, wdrażanie narzędzi monitorowania i prognozowania ruchu, a także rozwój infrastruktury wspierającej elektromobilność i mikromobilność. Ważnym elementem jest również dostarczanie informacji pasażerskiej w czasie rzeczywistym oraz tworzenie zintegrowanych platform mobilności, które łączą usługi transportu publicznego, rowerowego, car-sharingowego i pieszo-komunikacyjnego w spójny ekosystem mobilności miejskiej (Mobility as a Service – MaaS).

Z perspektywy polityk miejskich Smart Mobility to nie tylko kwestia infrastruktury czy technologii, lecz także proces integracji zarządzania transportem z innymi wymiarami funkcjonowania miasta – środowiskiem, energetyką czy planowaniem przestrzennym. Wymaga on współpracy międzywydziałowej oraz gromadzenia i analizy danych z wielu źródeł, w tym danych

geoprzestrzennych, telemetrycznych i środowiskowych. Cyfrowa transformacja mobilności miejskiej staje się zatem jednym z kluczowych obszarów, w których miasta mogą realnie łączyć innowacyjność technologiczną z celami społecznymi i klimatycznymi, tworząc zrównoważony i inteligentny system przemieszczania się mieszkańców.

Podobnie jak w wymiarze środowiskowym, każde pytanie w obszarze Smart Mobility obejmowało zestaw szczegółowych stwierdzeń odnoszących się do praktyk miejskich w zakresie planowania, zarządzania i integracji cyfrowych narzędzi transportowych. Zastosowana struktura umożliwiła nie tylko ocenę poziomu wdrożenia poszczególnych rozwiązań, lecz także zrozumienie, w jaki sposób miasta kształtują swoją politykę mobilności w kontekście cyfrowej transformacji. Analizowany obszar obejmował pięć bloków tematycznych: rozwój inteligentnej i zintegrowanej mobilności, dostępność nowoczesnych rozwiązań transportowych, wpływ technologii Przemysłu 4.0 na rozwój nowych form mobilności, zastosowanie narzędzi cyfrowych w poprawie efektywności transportu oraz wykorzystanie danych i automatyzacji w zarządzaniu transportem miejskim.



Rysunek 9. Rozwój inteligentnej i zintegrowanej mobilności w mieście

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Analizę rozpoczęto od obszaru dotyczącego rozwoju inteligentnej i zintegrowanej mobilności miejskiej (rys. 9), obejmującej zarówno integrację transportu publicznego, rowerowego i współdzielonego, jak i wykorzystanie danych z czujników w zarządzaniu ruchem oraz rozwój elektromobilności. Zagadnienie to pozwala ocenić, w jakim stopniu miasta budują spójne,

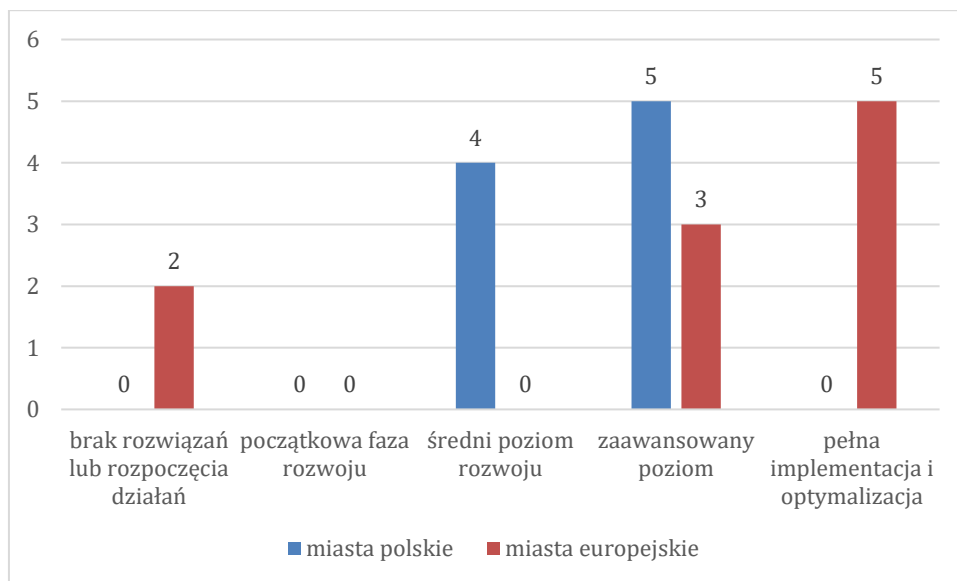
wielowarstwowe systemy mobilności, w których technologie cyfrowe wspierają zarówno planowanie przestrzenne, jak i codzienne funkcjonowanie transportu zbiorowego. Uzyskane wyniki wskazują, że wśród miast polskich dominuje średni poziom rozwoju, który osiągnęły cztery jednostki samorządowe, natomiast trzy kolejne zakwalifikowano do poziomu zaawansowanego. Dwa miasta znajdują się dopiero w początkowej fazie rozwoju lub nie rozpoczęły jeszcze działań, zaś jedno osiągnęło etap pełnej implementacji i optymalizacji. Oznacza to, że cyfryzacja mobilności miejskiej w Polsce znajduje się w fazie rozproszonej konsolidacji – część miast wdraża rozwiązania z zakresu inteligentnego transportu, lecz wciąż w sposób punktowy, nierzadko w postaci projektów pilotażowych finansowanych ze źródeł zewnętrznych. W efekcie procesy te nie zawsze prowadzą do trwałej integracji między systemami, a infrastruktura technologiczna nie jest jeszcze w pełni wykorzystywana w planowaniu i zarządzaniu ruchem.

Wskazuje to na charakterystyczny dla polskich miast etap przejściowy między fazą technologicznego wdrażania a fazą organizacyjnej integracji. O ile dostępne dane potwierdzają rosnącą liczbę projektów w obszarze elektromobilności czy transportu współdzielonego, o tyle wciąż rzadko obserwuje się wdrożenia łączące różne systemy w jeden spójny ekosystem mobilności (np. w modelu Mobility as a Service). Ponadto, brak szerokiego wykorzystania danych telemetrycznych i systemów czujnikowych ogranicza potencjał analityczny, który mógłby wspierać prognozowanie ruchu czy zarządzanie popytem transportowym. W praktyce oznacza to, że narzędzia cyfrowe służą głównie do usprawniania bieżących procesów, nie zaś do budowy kompleksowych systemów zarządzania mobilnością miejską.

W miastach europejskich natomiast zauważalny jest znacznie wyższy poziom dojrzałości cyfrowej. Siedem jednostek osiągnęło etap pełnej implementacji i optymalizacji, a cztery – poziom zaawansowany. Świadczy to o tym, że inteligentna mobilność stanowi w Europie integralny element strategii miejskich i jest traktowana jako instrument realizacji celów klimatycznych, społecznych i przestrzennych. Charakterystyczne jest szerokie zastosowanie danych w zarządzaniu transportem, interoperacyjność systemów komunikacyjnych oraz rozwój infrastruktury wspierającej elektromobilność. Co istotne, w wielu przypadkach miasta te wykorzystują dane w sposób predykcyjny – nie tylko reagując na bieżące potrzeby, ale również prognozując natężenie ruchu czy planując inwestycje infrastrukturalne. Praktyki te dowodzą, że cyfrowa transformacja mobilności w Europie znajduje się w fazie konsolidacji systemowej, w której technologie ICT, dane przestrzenne i narzędzia analityczne są ze sobą trwale powiązane w ramach polityk miejskich.

Porównanie wyników pomiędzy Polską a Europą ujawnia zatem odmienny model zarządzania mobilnością cyfrową. W polskich miastach przeważa podejście reaktywne i projektowe, skoncentrowane na realizacji pojedynczych inicjatyw technologicznych, natomiast w Europie dominuje podejście systemowe i strategiczne, w którym cyfrowe narzędzia stanowią integralną część długofalowego planowania. Różnice te odzwierciedlają zarówno odmienny poziom doświadczenia instytucjonalnego, jak i zróżnicowaną zdolność samorządów do zarządzania danymi oraz budowania partnerstw publiczno-prywatnych. W polskim kontekście cyfryzacja mobilności pełni zatem funkcję modernizacyjną, podczas gdy w Europie – transformacyjną, prowadzącą do tworzenia inteligentnych ekosystemów transportowych i przestrzeni publicznych opartych na analizie danych.

W kolejnym etapie badania skoncentrowano się na analizie dostępności nowoczesnych rozwiązań transportowych z perspektywy mieszkańców, obejmujących m.in. aplikacje mobilne do planowania podróży, systemy informacji pasażerskiej w czasie rzeczywistym oraz technologie predykcyjne wspierające zarządzanie transportem publicznym. (rys. 10) Obszar ten odzwierciedla relację pomiędzy rozwojem infrastruktury cyfrowej a społecznym wymiarem mobilności, ukazując, w jakim stopniu technologie są włączane w codzienne doświadczenia użytkowników miejskiego transportu.



Rysunek 10. Dostępność nowoczesnych rozwiązań transportowych dla mieszkańców miasta

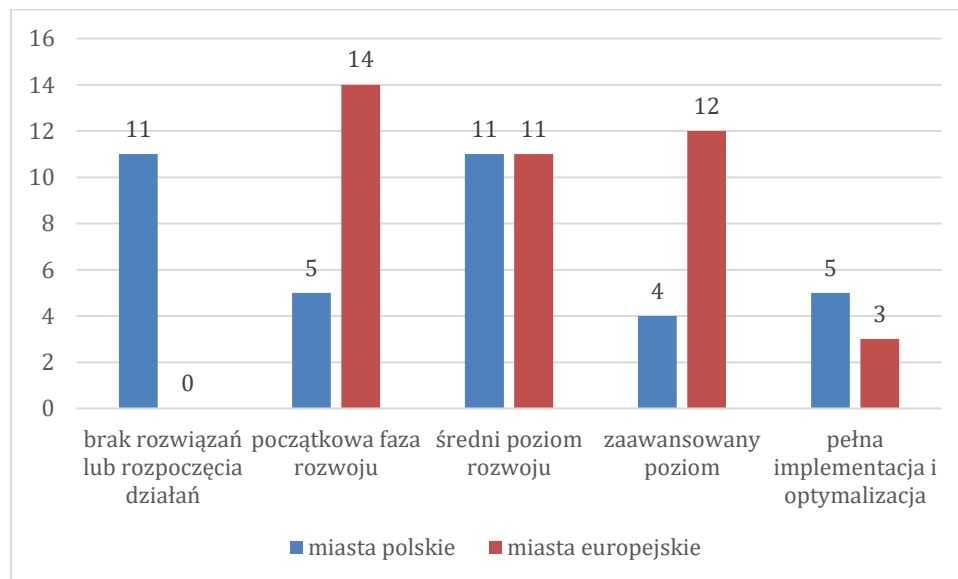
Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W grupie miast polskich dominował średni poziom rozwoju, odnotowany w czterech jednostkach samorządowych. Dwa miasta znalazły się na poziomie zaawansowanym, a trzy pozostają w początkowej fazie rozwoju. Dwa kolejne nie rozpoczęły jeszcze wdrażania działań w tym obszarze, natomiast jedno wskazało na pełną implementację. Dane te wskazują, że cyfryzacja usług transportowych w Polsce rozwija się w sposób nierównomierny, z wyraźną przewagą wdrożeń w miastach metropolitalnych, które dysponują zarówno zasobami finansowymi, jak i kompetencjami organizacyjnymi do prowadzenia złożonych projektów mobilności cyfrowej. Mniejsze jednostki koncentrują się raczej na etapach pilotażowych – wprowadzają aplikacje do planowania podróży, systemy dynamicznej informacji pasażerskiej czy inteligentne tablice przystankowe, jednak brakuje im spójnych ram instytucjonalnych i interoperacyjności systemów.

Charakterystycznym zjawiskiem wśród polskich miast jest rozdzwitek między warstwą technologiczną a użytkową. Choć w wielu przypadkach wdrażane są narzędzia oparte na danych w czasie rzeczywistym, to ich funkcjonalność często ogranicza się do prostego przekazu informacji (np. lokalizacji pojazdów czy godzin przyjazdów), bez głębszej integracji z zarządzaniem popytem lub planowaniem połączeń między różnymi środkami transportu. Rzadkością pozostaje także wykorzystanie algorytmów predykcyjnych do prognozowania natężenia ruchu, optymalizacji tras czy symulacji zachowań pasażerów. Tym samym cyfryzacja mobilności w Polsce ma charakter technologiczny, lecz nie systemowy – rozwija narzędzia, ale nie w pełni je włącza w logikę zarządzania transportem publicznym.

W przypadku miast europejskich uzyskane wyniki wskazują na znacznie wyższy poziom dojrzałości w zakresie cyfrowych rozwiązań transportowych. Pięć miast osiągnęło poziom zaawansowany, a kolejne sześć – etap pełnej implementacji i optymalizacji. W praktyce oznacza to, że technologie mobilne w tych ośrodkach nie są już jedynie dodatkiem do tradycyjnych systemów komunikacyjnych, ale stanowią podstawowy mechanizm organizacji i integracji mobilności miejskiej. Powszechne jest wdrażanie rozwiązań opartych na danych predykcyjnych i sztucznej inteligencji, które pozwalają nie tylko na optymalizację rozkładów jazdy, lecz także na dynamiczne zarządzanie flotą pojazdów i dostosowywanie oferty transportowej do bieżących potrzeb mieszkańców. Miasta te korzystają z aplikacji zintegrowanych w ramach ekosystemów Mobility as a Service, które umożliwiają płynną integrację transportu publicznego, rowerowego, car-sharingowego i mikromobilnego w jednym środowisku cyfrowym.

Wysoki poziom wdrożenia w miastach europejskich wskazuje na instytucjonalną stabilność i dojrzałość cyfrową. Rozwiązania oparte na danych są tam elementem zintegrowanych polityk mobilności, wspieranych przez strategię komunikacji z mieszkańcami, otwarte dane publiczne i systemy monitorowania efektywności usług. W przeciwieństwie do Polski, gdzie wdrożenia mają charakter fragmentaryczny, w Europie nowoczesne technologie transportowe są częścią cyklu planistycznego, w którym dane, analityka i decyzje są powiązane w system sprzężeń zwrotnych.

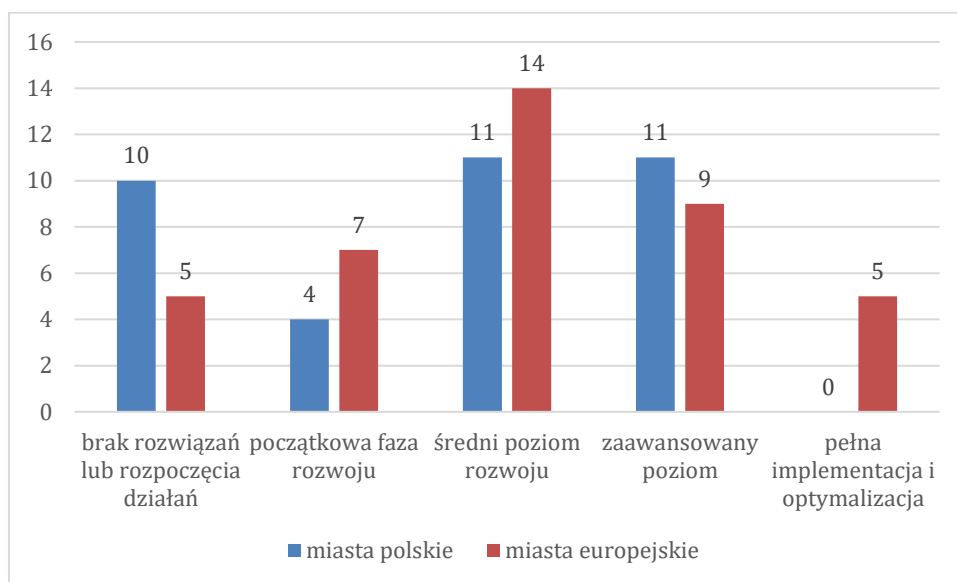


Rysunek 11. Wykorzystanie danych i automatyzacji w zarządzaniu transportem miejskim

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Porównanie obu grup miast ujawnia, że zasadnicza różnica nie dotyczy wyłącznie stopnia wyposażenia technologicznego, ale przede wszystkim zdolności do przekładania technologii na realną dostępność usług transportowych. W miastach polskich dominuje perspektywa infrastrukturalna – skupienie na narzędziach i projektach, które usprawniają elementy systemu, podczas gdy w miastach europejskich rozwija się podejście zorientowane na użytkownika (user-centric mobility design), w którym to potrzeby mieszkańców i ich wzorce mobilności stanowią podstawę kształtowania cyfrowych usług transportowych. Różnica ta wskazuje na odmienne paradygmaty rozwoju: w Polsce mobilność cyfrowa ma charakter modernizacyjny, natomiast w Europie – integracyjny, stanowiący komponent szerszej koncepcji zrównoważonego, inkluzywnego miasta (rys. 11).

W trzecim obszarze badawczym uwaga została skierowana na ocenę wpływu technologii Przemysłu 4.0 na rozwój nowych form mobilności, w tym testowanie i wdrażanie pojazdów autonomicznych, integrację różnych form transportu w ramach centrów przesiadkowych, zastosowanie czujników monitorujących pieszych i rowerzystów oraz rozwój inteligentnych systemów parkowania dostępnych przez aplikacje (rys. 12). Zagadnienie to pozwala ocenić, w jakim zakresie miasta adaptują rozwiązania czwartej rewolucji przemysłowej – takie jak Internet Rzeczy, sztuczna inteligencja czy automatyzacja – do zarządzania złożonymi procesami transportowymi i planowania infrastruktury przyszłości.



Rysunek 12. Wpływ technologii Industry 4.0 na rozwój nowych form mobilności w mieście

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W grupie miast polskich przeważał średni poziom rozwoju, który uzyskały cztery jednostki samorządowe. Dwa miasta osiągnęły poziom zaawansowany, a trzy pozostają na etapie początkowym lub dopiero planują wdrożenie podobnych rozwiązań. Dwa kolejne nie prowadzą jeszcze działań w tym zakresie. Takie rozłożenie wyników wskazuje, że technologie Przemysłu 4.0 w polskim kontekście miejskim pozostają w fazie eksperymentalnej. Wdrażane rozwiązania dotyczą przede wszystkim wybranych komponentów systemu transportowego, np. instalacji czujników ruchu, automatyzacji systemów parkingowych czy wykorzystania kamer w analizie natężenia ruchu. Znacznie rzadziej obserwuje się integrację tych technologii w ramach złożonych, predykcyjnych modeli mobilności miejskiej.

Można zauważyć, że w Polsce technologie Industry 4.0 pełnią głównie funkcję wsparcia operacyjnego, a nie strategicznego. Stosowane są do optymalizacji wybranych procesów (np. poprawy bezpieczeństwa ruchu, monitorowania pieszych, organizacji parkowania), lecz nie stanowią jeszcze elementu długofalowych strategii rozwoju mobilności. Brakuje również trwałego powiązania między analizą danych a decyzjami inwestycyjnymi w infrastrukturę transportową. Ograniczenia te wynikają m.in. z niewystarczającej interoperacyjności systemów, braku otwartych platform wymiany danych oraz niedostatecznego wykorzystania potencjału partnerstw publiczno-prywatnych, które w Europie często stanowią podstawę wdrożeń technologicznych.

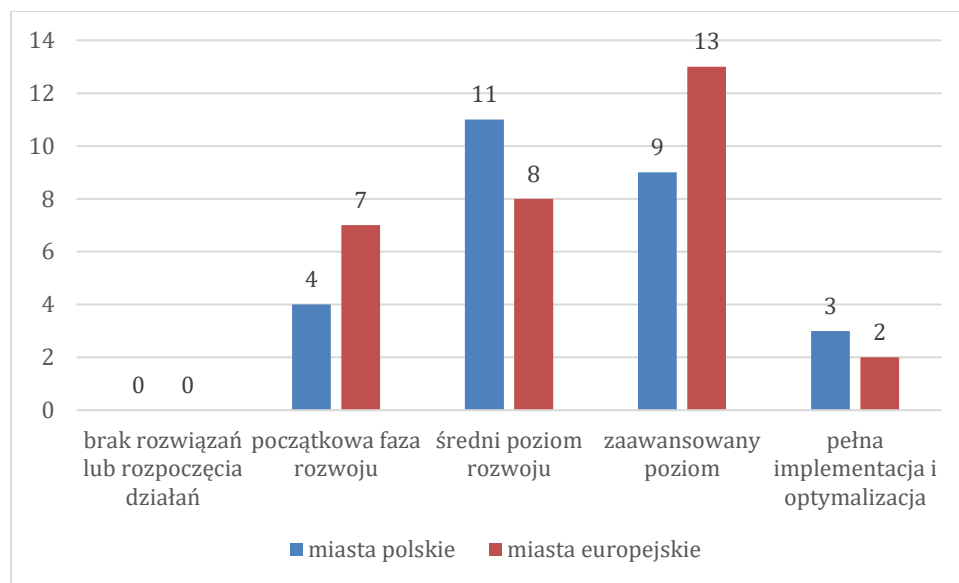
W miastach europejskich sytuacja jest zasadniczo odmienna. Dane wskazują, że pięć jednostek osiągnęło poziom zaawansowany, a kolejne cztery – pełną implementację i optymalizację. Oznacza to, że technologie Przemysłu 4.0 w tych ośrodkach przeszły już etap testowy i zostały włączone w struktury miejskiego zarządzania mobilnością. W praktyce obserwuje się szerokie zastosowanie systemów analityki danych, inteligentnych czujników, platform komunikujących pojazdy z infrastrukturą (V2I, vehicle-to-infrastructure) oraz modeli symulacyjnych wykorzystywanych do planowania ruchu. W kilku miastach europejskich prowadzono również testy autonomicznych pojazdów pasażerskich, które stanowią część zintegrowanych strategii smart mobility.

Wysoki poziom wdrożeń w Europie wskazuje na obecność modelu transformacyjnego, w którym technologie Industry 4.0 nie tylko wspierają zarządzanie ruchem, lecz także redefiniują sposób, w jaki miasto funkcjonuje jako system komunikacyjny. Cyfrowe czujniki, dane z pojazdów i urządzeń mobilnych, systemy zarządzania flotą czy modele predykcyjne stanowią wspólną podstawę infrastruktury informacyjnej, umożliwiającej dynamiczne reagowanie na zmiany w ruchu miejskim, prognozowanie natężenia transportu czy redukcję emisji. Kluczowym elementem tej transformacji jest także wykorzystanie danych w czasie rzeczywistym do zwiększenia bezpieczeństwa uczestników ruchu – szczególnie pieszych i rowerzystów – co wpisuje się w europejskie strategie „Vision Zero” i „Safe System Approach”.

Różnice pomiędzy miastami polskimi a europejskimi wskazują więc na dwa odmienne etapy dojrzałości technologicznej. W Polsce dominują projekty pilotażowe i inicjatywy punktowe, natomiast w Europie obserwuje się zintegrowane systemy adaptacyjne, w których technologie Przemysłu 4.0 są elementem całościowej polityki transportowej. W polskim kontekście mobilność 4.0 jest więc jeszcze procesem kształtującym się, którego efekty ograniczają się głównie do zwiększenia efektywności operacyjnej. W Europie natomiast technologie te stanowią narzędzie

integrujące dane, decyzje i działania – prowadząc do modelu miasta zarządzanego predykcyjnie, w czasie rzeczywistym. Można zatem uznać, że różnica między tymi dwoma podejściami nie sprowadza się jedynie do poziomu technologicznego zaawansowania, lecz do samej filozofii wdrażania innowacji. O ile w Polsce cyfrowa mobilność ma charakter modernizacyjny, nastawiony na usprawnianie istniejących procesów, o tyle w Europie jest ona transformacyjna – zmienia sposób, w jaki miasto rozumie i organizuje przestrzeń przemieszczania się, włączając technologie w logikę długofalowego planowania urbanistycznego.

Kontynuując analizę procesów cyfrowej transformacji mobilności, kolejny obszar badania poświęcono ocenie wpływu narzędzi cyfrowych na efektywność transportu miejskiego (rys. 13). Ocenie poddano m.in. wykorzystanie systemów zarządzania ruchem opartych na danych z czujników, inteligentnych systemów parkowania, zastosowanie rozwiązań Industry 4.0 w celu poprawy płynności ruchu, a także integrację danych transportowych w procesie planowania przestrzennego. Analizowane elementy pozwalają określić, w jakim stopniu miasta potrafią przekształcać dane z systemów telemetrycznych i IoT w decyzje operacyjne, które realnie wpływają na funkcjonowanie transportu publicznego i prywatnego.



Rysunek 13. Wpływ narzędzi cyfrowych na efektywność transportu w mieście

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W przypadku miast polskich dominują odpowiedzi wskazujące na średni poziom rozwoju (5 wskazań) i poziom zaawansowany (2 wskazania), co sugeruje umiarkowane, lecz rosnące

wykorzystanie technologii cyfrowych w optymalizacji mobilności miejskiej. W czterech przypadkach wskazano na początkowy etap wdrażania rozwiązań (4 miasta), a trzy miasta przyznały, że nie rozpoczęły jeszcze działań w tym zakresie. Jednocześnie tylko dwa miasta zadeklarowały osiągnięcie pełnej implementacji lub optymalizacji rozwiązań cyfrowych wpływających na płynność ruchu. Dane te świadczą o znacznym zróżnicowaniu poziomu zaawansowania technologicznego – od pojedynczych projektów pilotażowych po wdrożenia o charakterze systemowym. W praktyce można uznać, że polskie miasta wciąż znajdują się na etapie łączenia cyfrowych narzędzi zarządzania ruchem z tradycyjnymi modelami planowania transportowego.

W miastach europejskich struktura odpowiedzi przedstawia się odmiennie – dominują wskazania na poziom zaawansowany (7 przypadków) oraz średni (5 przypadków), przy marginalnym udziale odpowiedzi o braku działań (2 miasta). W trzech przypadkach pojawiły się deklaracje pełnej implementacji, co potwierdza, że część badanych ośrodków osiągnęła etap zintegrowanego zarządzania transportem w oparciu o dane w czasie rzeczywistym. Takie wyniki potwierdzają większe doświadczenie europejskich miast w integracji narzędzi cyfrowych z procesami operacyjnymi transportu publicznego – w tym stosowanie inteligentnych systemów parkowania, dynamicznego sterowania ruchem oraz analiz przestrzennych opartych na danych telemetrycznych.

Porównanie obu grup wskazuje, że różnica między miastami polskimi a europejskimi dotyczy przede wszystkim skali integracji danych i zdolności do ich praktycznego wykorzystania. W Polsce dominują rozwiązania punktowe – wdrażane w ograniczonym zakresie, najczęściej w formie projektów finansowanych ze źródeł zewnętrznych (np. funduszy unijnych). W Europie natomiast cyfrowe systemy transportowe stanowią część trwałej infrastruktury zarządczej i są rozwijane w oparciu o dane pochodzące z wielu źródeł, takich jak sieci czujników, kamery, systemy GPS czy aplikacje mobilne. Co istotne, europejskie miasta częściej niż polskie deklarują wykorzystanie danych transportowych w procesach planowania przestrzennego (7 przypadków wobec 2 w Polsce), co wskazuje na bardziej zintegrowane podejście do polityki mobilności miejskiej.

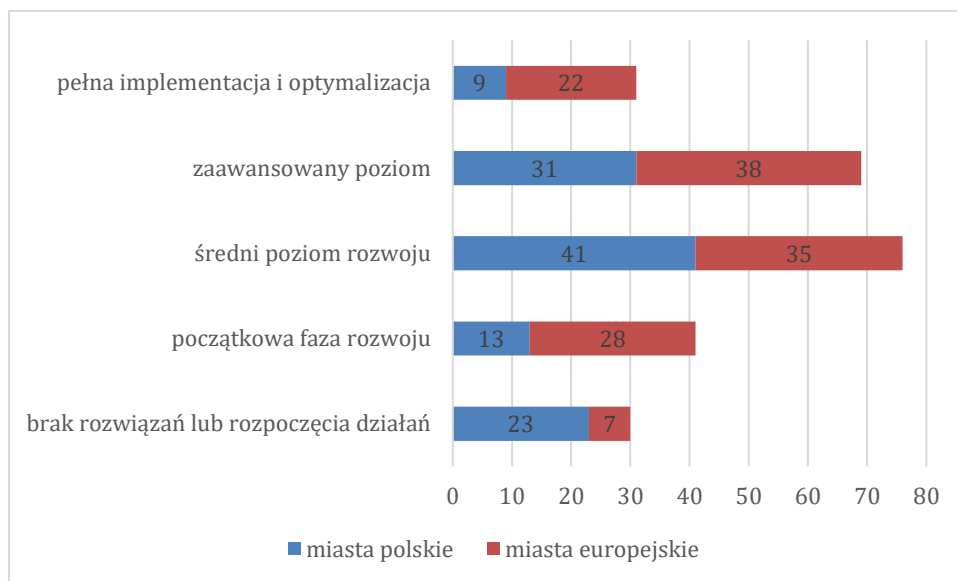
Mając powyższe na uwadze, można stwierdzić, że w Polsce narzędzia cyfrowe pełnią głównie funkcję wspierającą, zwiększającą świadomość i dostępność informacji o ruchu, lecz rzadko stanowią realne narzędzie decyzyjne w planowaniu i sterowaniu systemem transportowym. W Europie natomiast coraz częściej wykorzystywane są rozwiązania predykcyjne i automatyzacja

procesów, co umożliwia dynamiczne zarządzanie przepływami i optymalizację układu komunikacyjnego w czasie rzeczywistym. Różnica ta ma charakter nie tylko technologiczny, ale także organizacyjny i instytucjonalny – europejskie miasta dysponują wyspecjalizowanymi jednostkami analitycznymi i większym doświadczeniem w zarządzaniu danymi transportowymi. Tym samym poziom wykorzystania narzędzi cyfrowych w celu zwiększenia efektywności transportu miejskiego pozostaje silnie zróżnicowany pomiędzy miastami polskimi i europejskimi. W Polsce technologie te pełnią głównie funkcję wspomagającą, koncentrując się na usprawnieniu przepływu informacji i monitorowaniu ruchu, podczas gdy w Europie stanowią integralny element zarządzania mobilnością w czasie rzeczywistym. Oznacza to, że w miastach europejskich cyfryzacja transportu jest już częścią dojrzałego ekosystemu decyzyjnego, natomiast w Polsce proces ten wciąż ma charakter etapowy i adaptacyjny, ukierunkowany na zdobywanie doświadczeń oraz stopniowe włączanie rozwiązań danych i automatyzacji do praktyki zarządzania miejskiego.

Podsumowanie wyników i rekomendacje w zakresie rozwoju inteligentnej mobilności

Zgromadzone dane, mimo ograniczonej liczebności próby, pozwalają na zidentyfikowanie wyraźnych różnic w poziomie rozwoju inteligentnej mobilności pomiędzy miastami polskimi a europejskimi. Wyniki mają charakter eksploracyjny i należy je traktować jako wskazanie trendów oraz jakościowych wzorców rozwoju cyfrowego transportu miejskiego, a nie jako podstawę do statystycznych uogólnień. Analiza ujawnia, że w Polsce proces cyfrowej transformacji mobilności znajduje się na etapie konsolidacji i wdrożeń punktowych, podczas gdy w Europie Zachodniej osiągnął fazę integracji systemowej, w której narzędzia cyfrowe stanowią podstawowy element zarządzania mobilnością i planowania przestrzennego.

W odniesieniu do rozwoju zintegrowanych form transportu, dane wskazują, że miasta europejskie w znacznie większym stopniu łączą transport publiczny, rowerowy i współdzielony w spójne ekosystemy mobilności (Mobility as a Service – MaaS). W Polsce obserwuje się wzrost liczby inicjatyw w tym zakresie, jednak dominują rozwiązania o charakterze pilotażowym, koncentrujące się na poszczególnych aspektach integracji, takich jak rozwój infrastruktury rowerowej czy wprowadzenie wspólnych biletów komunikacyjnych. Jedynie nieliczne miasta osiągnęły poziom wdrożenia systemów o pełnym zakresie integracji międzysektorowej.



Rysunek 14. Różnice w rozwoju narzędzi Industry 4.0 w obszarze smart mobility

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W zakresie rozwoju infrastruktury transportowej opartej na danych oraz zastosowania technologii Industry 4.0, europejskie miasta wykazują znacznie większe zaawansowanie (rys. 14). Większość z nich wykorzystuje czujniki, kamery i systemy zarządzania ruchem w czasie rzeczywistym, co umożliwi dynamiczne dostosowanie przepływów transportowych do bieżących warunków. W Polsce natomiast takie rozwiązania wdrażane są stopniowo, głównie w dużych aglomeracjach, często w ramach projektów współfinansowanych ze środków unijnych. Dane pokazują również, że tylko nieliczne samorządy korzystają z systemów predykcyjnych wspierających zarządzanie flotą czy planowanie tras.

Analiza obszaru dotyczącego wykorzystania narzędzi cyfrowych w planowaniu przestrzennym i konsultacjach społecznych wskazuje, że europejskie miasta w większym stopniu włączają mieszkańców w procesy decyzyjne dotyczące mobilności oraz rozwijają cyfrowe kanały komunikacji (7 przypadków wobec 3 w Polsce). W miastach polskich partycypacja społeczna w tym obszarze ma wciąż charakter incydentalny, a dane transportowe są rzadko udostępniane publicznie lub wykorzystywane w analizach przestrzennych. To ogranicza możliwości w zakresie projektowania inteligentnych, inkluzywnych systemów mobilności, dostosowanych do rzeczywistych potrzeb użytkowników.

W zakresie wykorzystania danych i automatyzacji procesów w transporcie miejskim różnice pomiędzy miastami polskimi i europejskimi są szczególnie widoczne. W Europie dominują

systemy o wysokim stopniu integracji danych telemetrycznych, umożliwiające kompleksowe zarządzanie ruchem, energią i przepływem pasażerów. Polskie miasta w większości deklarują stosowanie rozwiązań średniego poziomu dojrzałości – automatyzacja procesów i analiza danych są obecne, ale bez wyraźnego sprzężenia zwrotnego między systemami. Oznacza to, że dane są gromadzone, lecz nie w pełni wykorzystywane w procesach decyzyjnych i planistycznych. Zasadnicza różnica między miastami polskimi a europejskimi dotyczy nie tylko poziomu technologicznego, lecz przede wszystkim zdolności do integracji danych, interoperacyjności systemów i kompetencji w zakresie ich analizy. Europejskie miasta rozwijają model systemowy, w którym mobilność stanowi część większego ekosystemu zarządzania miastem, podczas gdy polskie miasta realizują transformację w sposób selektywny, koncentrując się na rozwiązaniach infrastrukturalnych.

Zestawienie wyników dla wymiaru Smart Mobility pozwala na syntetyczne porównanie poziomu cyfrowej dojrzałości miast polskich i europejskich w kluczowych obszarach rozwoju inteligentnej mobilności. Tabela 2 prezentuje dominujące poziomy rozwoju w poszczególnych kategoriach, wskazując jednocześnie na charakter różnic pomiędzy badanymi grupami miast. Dane potwierdzają wyższy stopień integracji technologicznej w Europie oraz etapowy, selektywny charakter transformacji w Polsce, co odzwierciedla różnice w zasobach, doświadczeniu oraz poziomie instytucjonalnej gotowości do wdrażania rozwiązań Smart Mobility.

Tabela 2. Syntetyczne zestawienie poziomu cyfrowej dojrzałości miast w wymiarze Smart Mobility

Obszar badania	Polska – dominujący poziom	Europa – dominujący poziom	Charakterystyka różnicy
Zintegrowane formy transportu	Średni – zaawansowany	Zaawansowany – pełna integracja	W Polsce rozwiązania fragmentaryczne, w Europie systemy MaaS
Technologie Industry 4.0 w mobilności	Średni	Zaawansowany	Polska – projekty pilotażowe, Europa – zarządzanie ruchem w czasie rzeczywistym
Wykorzystanie danych transportowych	Średni	Zaawansowany	Różnice w zdolności analitycznej i interoperacyjności systemów
Automatyzacja i predykcja procesów	Początkowy – średni	Zaawansowany	Polska – brak sprzężenia systemów, Europa – zarządzanie oparte na danych
Partycypacja i komunikacja cyfrowa	Początkowy	Średni – zaawansowany	Polska – działania incydentalne, Europa –

			włączenie mieszkańców w procesy decyzyjne
Metakategoria: Model rozwoju Smart Mobility	Etap rozwojowy i selektywny	Etap integracji systemowej	Polska – adaptacja i eksperymenty; Europa – konsolidacja i optymalizacja procesów

Źródło: opracowanie własne.

Zestawienie wyników pozwala sformułować kilka ogólnych wniosków, które – ze względu na niewielką liczebność próby – należy traktować jako identyfikację tendencji, a nie uogólnienie dla całej populacji miast:

1. Miasta polskie rozwijają inteligentną mobilność w sposób etapowy, koncentrując się na infrastrukturze technicznej, lecz wciąż z ograniczonym wykorzystaniem danych i automatyzacji procesów.
2. W miastach europejskich cyfrowe zarządzanie transportem ma charakter zintegrowany, oparty na stałym przetwarzaniu danych i ich wykorzystaniu w procesach decyzyjnych.
3. Kluczowym czynnikiem różnicującym jest zdolność instytucjonalna do łączenia rozwiązań technologicznych z planowaniem przestrzennym i polityką mobilności.
4. W polskich miastach obserwuje się wzrost świadomości potencjału rozwiązań Smart Mobility, co tworzy warunki do dalszej konsolidacji działań w tym obszarze.

Wyniki te sugerują, że Polska znajduje się obecnie w fazie przejściowej między etapem eksperymentalnym a systemowym, w której lokalne inicjatywy i doświadczenia pilotażowe mogą stać się podstawą przyszłej integracji technologicznej. W tym kontekście rekomendacje mają charakter rozwojowy i orientacyjny, wskazując możliwe kierunki działań dla samorządów:

1. Budowa interoperacyjnych systemów transportowych – integracja danych z różnych źródeł (czujniki, GPS, aplikacje, transport publiczny) w celu tworzenia spójnych platform zarządzania ruchem i planowania przestrzennego.
2. Wzmocnienie kompetencji analitycznych – szkolenia i wsparcie dla administracji miejskiej w zakresie analizy danych mobilnościowych, modelowania predykcyjnego i wykorzystania AI w transporcie.
3. Rozwój infrastruktury cyfrowej – dalsze inwestycje w sieci 5G, systemy telemetryczne i automatyzację flot, jako podstawy inteligentnego zarządzania transportem.
4. Integracja Smart Mobility z politykami klimatycznymi i społecznymi – łączenie cyfrowych systemów transportowych z celami zrównoważonego rozwoju, efektywności energetycznej i inkluzywności społecznej.

5. Wspieranie partycypacji cyfrowej mieszkańców – rozwój platform komunikacyjnych i konsultacyjnych pozwalających na współtworzenie polityki mobilności w oparciu o dane i opinie użytkowników.

Podsumowując, wyniki analizy wymiaru Smart Mobility wskazują, że polskie miasta stopniowo przechodzą od fazy eksperymentów technologicznych do etapu budowy zintegrowanych systemów transportowych. Choć luka między nimi a miastami europejskimi pozostaje zauważalna, rosnące doświadczenie w wykorzystaniu danych, rozwój infrastruktury i coraz silniejsze powiązanie mobilności z transformacją cyfrową stwarzają realne perspektywy przyspieszenia procesu integracji i zwiększenia efektywności miejskich systemów transportowych.

4.3. Smart Living – jakość życia w cyfrowym mieście

Wymiar jakości życia koncentruje się na jakości życia mieszkańców w kontekście dostępności, użyteczności i bezpieczeństwa usług miejskich opartych na technologiach cyfrowych. Obejmuje zarówno rozwój infrastruktury informacyjno-komunikacyjnej, jak i tworzenie warunków do aktywnego uczestnictwa obywateli w życiu społecznym, kulturalnym i edukacyjnym miasta. W perspektywie Smart City 4.0 wymiar ten stanowi bezpośredni punkt styku między technologią a codziennym doświadczeniem mieszkańców – pokazuje, na ile cyfryzacja rzeczywiście przekłada się na poprawę jakości życia, a nie jedynie na wprowadzanie nowych narzędzi.

Smart Living obejmuje szeroki zakres zjawisk – od dostępu do szerokopasmowego Internetu i cyfrowych usług publicznych, przez rozwój miejskich aplikacji mobilnych, po wdrażanie e-konsultacji społecznych, cyfrowej edukacji czy narzędzi wspierających kulturę i rekreację. Coraz większego znaczenia nabierają także działania z zakresu inkluzji cyfrowej i budowania kompetencji technologicznych mieszkańców, które warunkują rzeczywisty poziom korzystania z usług smart city.

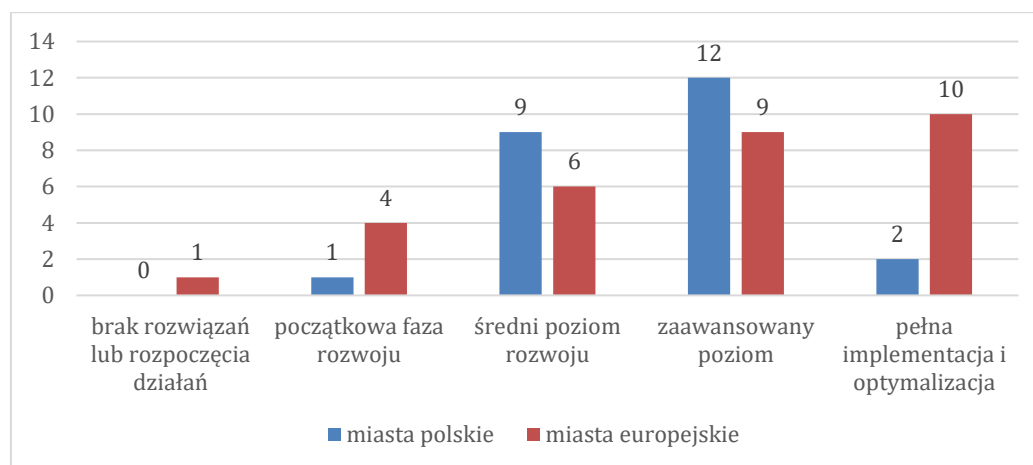
Z perspektywy samorządów lokalnych Smart Living wymaga podejścia zorientowanego na użytkownika (user-centric), w którym kluczowe znaczenie mają nie tylko technologie, lecz także sposób ich wykorzystania i dostępność dla różnych grup społecznych. Cyfrowe usługi miejskie stają się tym samym narzędziem partycypacji, komunikacji i integracji społecznej, a miasta, które konsekwentnie inwestują w ten obszar, wzmacniają nie tylko swoją innowacyjność, lecz także kapitał społeczny i zaufanie obywateli.

Podobnie jak w poprzednich wymiarach, każde pytanie w obszarze Smart Living składało się z kilku szczegółowych stwierdzeń odnoszących się do praktyk miejskich – obejmujących m.in.

wykorzystanie technologii cyfrowych do poprawy jakości życia mieszkańców, rozwój infrastruktury teleinformatycznej i sieci 5G, integrację obywateli w procesach cyfryzacji, a także wykorzystanie danych do wspierania decyzji inwestycyjnych i dostosowywania usług publicznych.

Taka struktura pozwoliła na ocenę nie tylko poziomu wdrożenia poszczególnych rozwiązań, ale również stopnia, w jakim miasta potrafią łączyć rozwój technologiczny z potrzebami społecznymi, etycznymi i organizacyjnymi. Wyniki uzyskane w tym obszarze umożliwiają więc analizę zarówno infrastrukturalnych podstaw cyfrowego stylu życia, jak i tego, w jaki sposób dane, technologie i komunikacja cyfrowa wpływają na codzienne doświadczenia mieszkańców oraz na relacje między nimi a władzami lokalnymi.

Wyniki badań dotyczących wpływu technologii cyfrowych na jakość życia mieszkańców ujawniają wielowymiarowe różnice między miastami europejskimi a polskimi – zarówno pod względem stopnia wdrożenia poszczególnych rozwiązań, jak i sposobu ich integracji z politykami miejskimi oraz codziennym funkcjonowaniem mieszkańców (rys. 15). Analiza danych liczbowych wskazuje, że miasta europejskie w większości przypadków osiągnęły poziomy zaawansowany i pełnej implementacji, natomiast w Polsce dominują poziomy średnie, z wyraźnymi lukami w obszarach wymagających strategicznego planowania i społecznego zaangażowania.



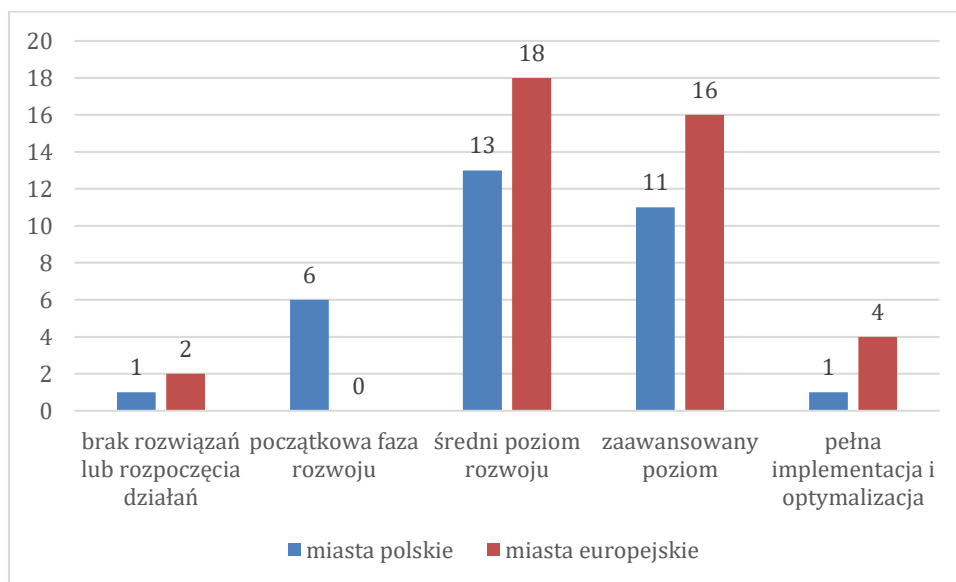
Rysunek 15. Technologie cyfrowe wpływają na jakość życia mieszkańców

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W grupie miast europejskich szczególnie wysokie wyniki odnotowano w zakresie rozwoju sieci 5G (7 jednostek na poziomie 4 i 7 na poziomie 5) oraz zapewnienia szerokiego dostępu do Internetu światłowodowego (7 jednostek na poziomie 4 i 2 na poziomie 5). Wskazuje to na systemowe

podejście do budowy infrastruktury teleinformatycznej, która stanowi podstawę dla wdrażania zaawansowanych usług cyfrowych. Zbliżone wartości uzyskano również w pytaniach dotyczących wykorzystywania danych gromadzonych przez systemy ICT i AI (6 jednostek na poziomie 4) oraz wspierania decyzji inwestycyjnych na podstawie danych z monitoringu miejskiego (5 jednostek na poziomie 4 i 2 na poziomie 5). Takie rozłożenie odpowiedzi świadczy o tym, że europejskie miasta osiągnęły etap, w którym dane nie tylko są zbierane, lecz także systematycznie analizowane i wykorzystywane w procesach decyzyjnych, co stanowi kluczowy element modelu zarządzania opartego na wiedzy (*evidence-based urban governance*).

Istotnym obszarem różnic między grupami miast jest także wymiar społeczny i etyczny cyfryzacji. (rys. 16) W miastach europejskich znaczna liczba respondentów wskazała wysoki poziom zaawansowania w zakresie prowadzenia kampanii informacyjnych dotyczących korzyści z cyfryzacji (7 jednostek na poziomie 4) oraz uwzględniania aspektów etycznych w projektach cyfrowych (6 jednostek na poziomie 4). Ponadto, kilka jednostek osiągnęło poziom pełnej implementacji w zakresie włączania mieszkańców w konsultacje dotyczące wdrażania nowych technologii (1 jednostka na poziomie 5). Dane te potwierdzają, że europejskie miasta konsekwentnie wdrażają model partycypacyjny, w którym mieszkańcy nie są jedynie odbiorcami technologii, ale współuczestnikami ich kształtowania. Wysokie wyniki w obszarze komunikacji cyfrowej oraz analityki danych potwierdzają, że cyfrowe rozwiązania stają się tam podstawowym narzędziem budowania relacji między władzami miejskimi a społecznością lokalną.



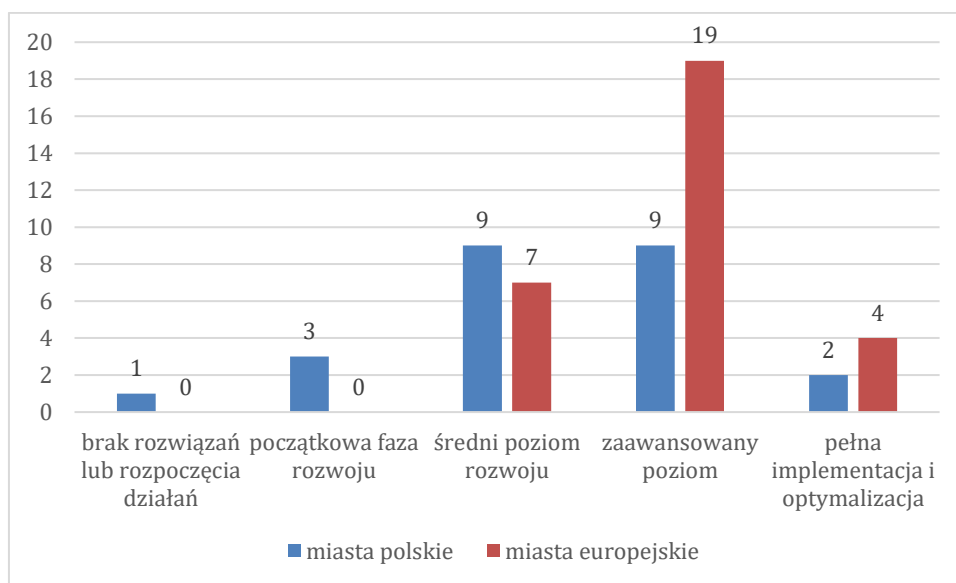
Rysunek 16. Społeczny odbiór nowoczesnych technologii w mieście

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych

W polskich miastach obserwuje się bardziej zróżnicowaną strukturę odpowiedzi, w której dominują poziomy średnie (3) i częściowo zaawansowane (4). Najwięcej jednostek wskazało poziom średni w zakresie poprawy dostępu do informacji publicznych (5 miast), zwiększenia komfortu korzystania z przestrzeni publicznej (4 miasta) oraz wykorzystania danych do dostosowywania usług publicznych (5 miast). Jednocześnie w wielu kategoriach pojawiają się niskie wartości – szczególnie w zakresie planowego rozwoju sieci 5G (3 miasta na poziomie 2) oraz prowadzenia kampanii informacyjnych o cyfryzacji (2 miasta na poziomie 2). Brak odpowiedzi na poziomie 5 w większości kategorii sugeruje, że miasta te wciąż nie osiągnęły pełnej integracji rozwiązań cyfrowych z politykami społecznymi i przestrzennymi.

Interpretacja tych danych pozwala stwierdzić, że polskie miasta znajdują się na etapie selektywnego wdrażania technologii – wprowadzają nowoczesne rozwiązania, lecz zwykle w ramach pojedynczych projektów, finansowanych z zewnętrznych źródeł, bez długofalowej strategii integrującej różne obszary funkcjonowania miasta. Technologie cyfrowe w Polsce pełnią więc głównie funkcję modernizacyjną – poprawiają efektywność administracji i zwiększają dostęp do informacji, ale rzadziej stają się narzędziem budowania relacji społecznych, innowacji czy współzarządzania miastem.

Zestawienie wyników europejskich i polskich pozwala uchwycić nie tylko różnicę w poziomie technologicznego zaawansowania, ale również odmienny charakter podejścia do cyfryzacji. W miastach europejskich rozwój infrastruktury cyfrowej, etyki technologicznej i komunikacji społecznej stanowi część jednolitej strategii miejskiej, w której technologia jest środkiem realizacji celów społecznych. W Polsce natomiast cyfryzacja ma często charakter reaktywny i fragmentaryczny, wynikający z dostępnych funduszy i lokalnych inicjatyw. Oznacza to, że miasta polskie wciąż stoją przed wyzwaniem przejścia od etapu wdrożeń technologicznych do etapu integracji systemowej, w której technologie, dane i komunikacja cyfrowa staną się spójnym elementem polityki miejskiej



Rysunek 17. Poziom rozwoju infrastruktury cyfrowej w mieście

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Kolejne zagadnienie dotyczyło poziomu rozwoju infrastruktury cyfrowej w miastach, obejmując takie aspekty jak rozwój sieci 5G, dostępność Internetu światłowodowego, rozbudowa infrastruktury teleinformatycznej oraz stopień planowego i zrównoważonego wdrażania tych rozwiązań (rys. 17). Wyniki w tym obszarze ponownie ujawniają wyraźne zróżnicowanie pomiędzy miastami europejskimi a polskimi, które odzwierciedla nie tylko różnice technologiczne, ale również stopień instytucjonalnego przygotowania do zarządzania cyfryzacją.

W miastach europejskich zauważalne jest zdecydowane przesunięcie w kierunku wyższych poziomów rozwoju. Aż siedem miast uzyskało poziom zaawansowany w zakresie planowego rozwoju sieci 5G, a kolejne siedem – w odniesieniu do dostępności światłowodowego Internetu. Dodatkowo pięć miast osiągnęło ten sam poziom zaawansowania w rozbudowie infrastruktury teleinformatycznej w poszczególnych dzielnicach, co wskazuje na dążenie do zapewnienia równego dostępu do technologii w skali całego miasta. Trzy miasta deklarowały pełną implementację tych rozwiązań w zakresie sieci światłowodowej, co w praktyce oznacza wysoką spójność terytorialną cyfrowych usług publicznych. Wśród jednostek europejskich widoczna jest również tendencja do integrowania infrastruktury cyfrowej z innymi wymiarami zarządzania miejskiego – np. z planowaniem energetycznym, mobilnością czy monitoringiem środowiskowym.

W polskich miastach wyniki układają się odmiennie. Najczęściej wybieraną kategorią był poziom średni – w tym zakresie znalazły się cztery miasta w odniesieniu do dostępności

światłowodu oraz cztery w zakresie sieci 5G. Tylko nieliczne jednostki (jedna do dwóch) osiągnęły poziom zaawansowany, przy czym w żadnym z badanych przypadków nie odnotowano pełnej implementacji infrastruktury cyfrowej w skali całego miasta. Wskazuje to na fakt, że w Polsce rozbudowa sieci teleinformatycznej przebiega nierównomiernie – dominują rozwiązania punktowe, skoncentrowane na wybranych obszarach miejskich lub związane z projektami realizowanymi we współpracy z operatorami zewnętrznymi. Co istotne, w pytaniu dotyczącym planowego rozwoju sieci 5G pojawiły się również wskazania na poziomie początkowym (trzy miasta), co sugeruje, że temat ten wciąż jest traktowany eksperymentalnie i wymaga doprecyzowania regulacyjnego oraz społecznego.

Interpretacja wyników pozwala zauważyć, że podczas gdy w Europie infrastruktura cyfrowa stanowi stabilny i rozwinięty fundament transformacji miejskiej, w Polsce ma ona charakter rozproszony i etapowy. Różnice te wynikają w dużej mierze z poziomu inwestycji oraz dostępności funduszy strukturalnych, ale również z odmiennego podejścia do zarządzania technologiczną stroną miasta. W europejskich jednostkach samorządowych cyfrowa infrastruktura jest postrzegana jako integralny element systemu miejskiego – zapewniający interoperacyjność danych, bezpieczeństwo komunikacji i równy dostęp do usług. W Polsce natomiast infrastruktura cyfrowa jest wciąż budowana w sposób fragmentaryczny, często w ramach projektów finansowanych zewnętrznymi, bez trwałej integracji z lokalnymi strategiami rozwoju.

Różnice te mają również wymiar organizacyjny. Europejskie miasta wykazują większe doświadczenie w zarządzaniu projektami infrastrukturalnymi o charakterze transsektorowym, podczas gdy polskie samorządy wciąż uczą się koordynować działania techniczne z planowaniem przestrzennym i polityką społeczną. W konsekwencji, o ile w Europie technologie 5G i światłowodowe są traktowane jako infrastruktura krytyczna dla rozwoju inteligentnych usług miejskich, o tyle w Polsce pełnią one nadal funkcję wspierającą, a ich rola strategiczna pozostaje w fazie definiowania.

Takie wyniki wskazują, że jednym z głównych wyzwań stojących przed polskimi miastami jest nie tylko dalsza rozbudowa infrastruktury cyfrowej, ale przede wszystkim jej integracja z innymi systemami miejskimi. Oznacza to konieczność przejścia od modelu technicznego, opartego na wdrażaniu pojedynczych rozwiązań, do modelu zintegrowanego, w którym infrastruktura cyfrowa stanowi podstawę rozwoju usług publicznych, transportu, energetyki i środowiska w duchu koncepcji Smart City 4.0.

Kolejny obszar analizy dotyczył społecznego odbioru nowoczesnych technologii w mieście, a więc sposobu, w jaki mieszkańcy są angażowani w procesy cyfryzacji, informowani o korzyściach z wdrażania nowych technologii oraz chronieni przed potencjalnymi ryzykami związanymi z naruszeniem prywatności czy wykorzystaniem danych osobowych. W ramach tego pytania respondenci oceniali takie aspekty, jak prowadzenie kampanii edukacyjnych dotyczących cyfryzacji, włączanie mieszkańców w konsultacje technologiczne, uwzględnianie aspektów etycznych w projektach cyfrowych oraz podejmowanie działań zapobiegających naruszeniom prywatności.

Wyniki dla miast europejskich pokazują stosunkowo wysoki poziom instytucjonalnej dojrzałości w tym zakresie. Siedem miast osiągnęło poziom zaawansowany w prowadzeniu kampanii informacyjnych dotyczących cyfryzacji, a dwa kolejne – poziom pełnej implementacji. W zakresie włączania mieszkańców w konsultacje dotyczące nowych technologii siedem jednostek również wskazało poziom zaawansowany, co oznacza, że partycypacja społeczna staje się trwałym elementem polityki cyfrowej. Pięć miast uzyskało poziom 4 w odniesieniu do działań na rzecz ochrony prywatności, a dwa – poziom 5, co potwierdza, że kwestie etyczne i bezpieczeństwa danych są integralną częścią procesów transformacji cyfrowej. W pytaniu dotyczącym uwzględniania aspektów etycznych w projektach miejskich dominowały również wartości wysokie – sześć miast na poziomie 4 i jedno na poziomie 5. Dane te jednoznacznie wskazują, że europejskie miasta rozwijają model cyfryzacji zorientowany na obywatela (citizen-centric digital governance), w którym technologie nie są jedynie narzędziem efektywności administracyjnej, ale także środkiem budowania zaufania społecznego i odpowiedzialności publicznej.

W przypadku miast polskich rozkład odpowiedzi wygląda odmiennie. W większości kategorii dominują poziomy średnie, odzwierciedlające etap rozwijania kompetencji organizacyjnych i budowania świadomości społecznej wokół cyfryzacji. Pięć miast zadeklarowało średni poziom w odniesieniu do prowadzenia kampanii informacyjnych, cztery – w zakresie włączania mieszkańców w konsultacje technologiczne, a dwa – w zakresie uwzględniania aspektów etycznych w projektach miejskich. W żadnym z analizowanych przypadków nie odnotowano pełnej implementacji działań na poziomie 5, co sugeruje, że kwestie etyczne i partycypacyjne nie są jeszcze integralną częścią lokalnych strategii cyfrowych. Warto jednak zauważyć, że w kilku przypadkach pojawiły się wskazania na poziomie zaawansowanym (po jednej jednostce w obszarach kampanii informacyjnych i ochrony prywatności), co można interpretować jako

pozytywne sygnały rozwoju w kierunku bardziej zrównoważonego modelu zarządzania technologiami.

Zestawienie wyników wskazuje wyraźnie, że różnice pomiędzy miastami europejskimi i polskimi mają charakter nie tylko ilościowy, lecz przede wszystkim jakościowy. W miastach europejskich działania informacyjne, konsultacyjne i etyczne są w znacznie większym stopniu zinstytucjonalizowane i wpisane w długofalowe strategie cyfrowej transformacji. Stanowią one element całościowych polityk miejskich, które traktują technologię nie jako cel sam w sobie, lecz jako narzędzie wzmacniania partycypacji społecznej, transparentności oraz odpowiedzialności władz. Wysokie wartości uzyskane w obszarze konsultacji społecznych i kampanii edukacyjnych dowodzą, że proces cyfryzacji jest tam zakorzeniony w logice współuczestnictwa i współodpowiedzialności mieszkańców za rozwój technologiczny miasta.

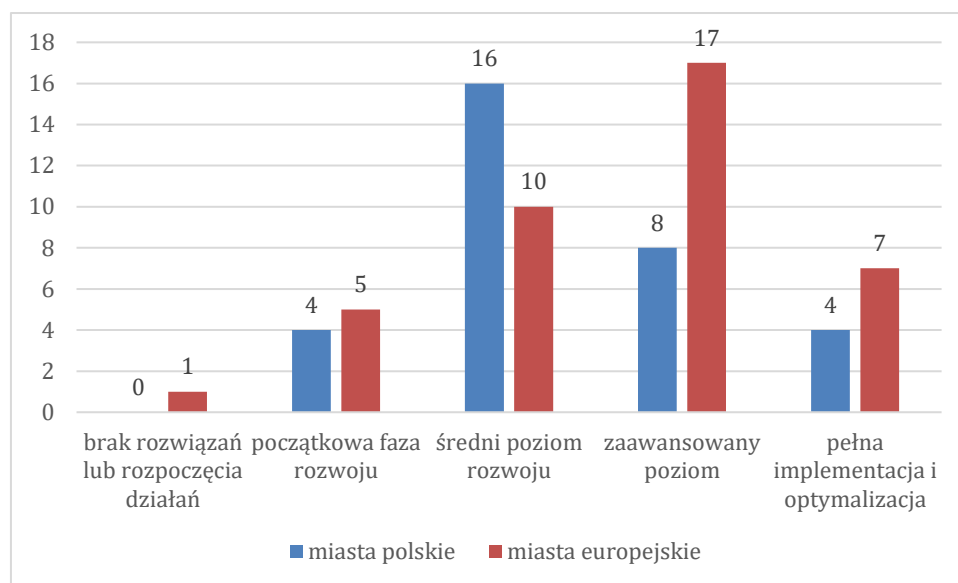
W polskich miastach natomiast cyfrowe zarządzanie oparte na zasadach inkluzywności i etyki znajduje się dopiero w fazie formowania. Działania te mają w dużej mierze charakter incydentalny i są związane z realizacją pojedynczych projektów, często finansowanych z funduszy zewnętrznych. W rezultacie komponent społeczny i aksjologiczny cyfryzacji pozostaje słabiej rozwinięty niż w miastach europejskich. Polskie samorządy koncentrują się przede wszystkim na rozwoju technologicznym, natomiast kwestie dotyczące ochrony prywatności, odpowiedzialnego przetwarzania danych i komunikacji z mieszkańcami traktowane są drugorzędnie.

Takie zróżnicowanie odzwierciedla dwa odmienne modele rozwoju cyfrowego miast. W Europie Zachodniej dominuje model citizen-driven innovation, w którym technologie są wdrażane w odpowiedzi na potrzeby społeczne i w oparciu o zasady współzarządzania. W Polsce natomiast przeważa model technology-driven modernization, oparty na logice wdrażania rozwiązań technologicznych bez pełnej integracji z politykami społecznymi. Różnica ta przekłada się na odmienne tempo i kierunek rozwoju: podczas gdy miasta europejskie rozwijają cyfrową przestrzeń publiczną opartą na zaufaniu, dialogu i odpowiedzialności, miasta polskie wciąż kształtują podstawowe mechanizmy komunikacji i zaangażowania obywatelskiego w proces cyfryzacji.

W konsekwencji można stwierdzić, że o ile w miastach europejskich technologia staje się narzędziem budowania relacji między samorządem a mieszkańcami, o tyle w Polsce pozostaje głównie narzędziem usprawnienia administracji. Taka sytuacja ujawnia istotną lukę w zakresie kompetencji miękkich – szczególnie w obszarze komunikacji cyfrowej, edukacji technologicznej i

etyki danych – której wypełnienie stanowi warunek dojrzewania modelu Smart Living w polskich miastach.

W dalszej części analizy uwzględniono odpowiedzi dotyczące wykorzystania danych przez władze samorządowe w celu poprawy jakości życia mieszkańców. Ocenie poddano cztery aspekty tej praktyki: stopień, w jakim zebrane dane są wykorzystywane do dostosowywania usług publicznych, analizowania informacji gromadzonych przez systemy ICT i AI, pozyskiwania informacji zwrotnych od mieszkańców za pośrednictwem aplikacji miejskich oraz wspierania decyzji inwestycyjnych danymi pochodzącymi z miejskiego monitoringu. Zestawienie tych elementów pozwala na ocenę dojrzałości miast w zakresie przetwarzania danych oraz ich faktycznego wykorzystania w procesach decyzyjnych (rys. 18).



Rysunek 18. Wykorzystanie danych przez miasto w celu poprawy jakości życia mieszkańców

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W przypadku miast europejskich wyniki jednoznacznie wskazują, że dane stanowią istotny zasób zarządczy, wspierający planowanie i optymalizację usług. Sześć miast osiągnęło poziom 4 w zakresie analizy danych pochodzących z systemów ICT i AI, a kolejne dwa – poziom pełnej implementacji. Podobny rozkład uzyskano w odniesieniu do decyzji inwestycyjnych opartych na danych monitoringu: cztery miasta znalazły się na poziomie 4, a pięć na poziomie 5. Oznacza to, że w większości przypadków decyzje dotyczące infrastruktury czy usług miejskich są podejmowane w oparciu o systematyczną analizę danych, co stanowi istotną cechę dojrzałych

modeli zarządzania miejskiego. Nieco słabsze wyniki uzyskano w zakresie wykorzystania aplikacji miejskich do zbierania informacji zwrotnych – tutaj przeważają wartości średnie, co może świadczyć o tym, że kanały komunikacji cyfrowej z mieszkańcami są nadal mniej rozwinięte niż systemy analityczne wykorzystywane wewnętrznie.

Odpowiedzi władz samorządowych z polskich miast wskazują natomiast na znacznie niższy poziom integracji danych w praktyce zarządzania. W większości kategorii dominują wartości od 1 do 3, co oznacza, że wykorzystanie danych ma charakter incydentalny i najczęściej sprowadza się do podstawowych analiz statystycznych lub monitoringu operacyjnego. Tylko jedno miasto zadeklarowało poziom 4 w zakresie analizy danych ICT i AI, a dwa – w zakresie wspierania decyzji inwestycyjnych danymi z monitoringu. W pozostałych przypadkach dane gromadzone przez systemy miejskie nie są jeszcze w sposób systematyczny wykorzystywane do planowania usług czy ewaluacji działań publicznych. W odniesieniu do pozyskiwania informacji zwrotnych od mieszkańców przez aplikacje mobilne oraz dostosowywania usług publicznych na podstawie danych, większość miast znajduje się na poziomie 2–3, co potwierdza, że cyfrowe zarządzanie w Polsce wciąż koncentruje się głównie na etapie gromadzenia, a nie analizy i wdrażania wniosków z danych.

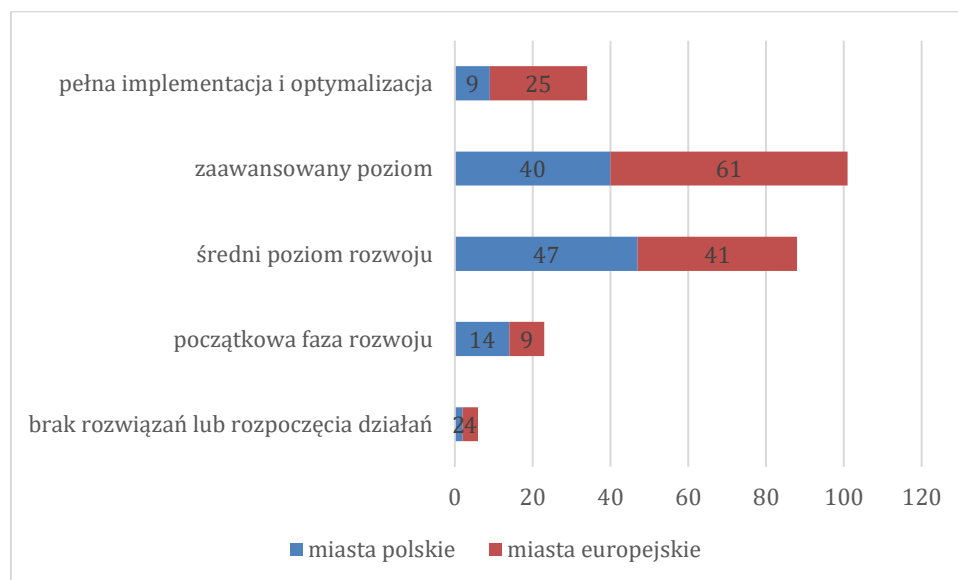
Zestawienie obu grup wyników ujawnia fundamentalną różnicę w dojrzałości procesów zarządzania danymi. W miastach europejskich dane są traktowane jako strategiczny zasób – ich zbieranie, przetwarzanie i analiza są zintegrowane z procesami decyzyjnymi oraz systemami planowania rozwoju. Dane nie tylko wspierają ocenę efektywności działań, ale stają się podstawą do formułowania polityk publicznych, zwłaszcza w obszarach transportu, energetyki i środowiska. W polskich miastach natomiast przeważa podejście operacyjne, w którym dane są wykorzystywane głównie w kontekście sprawozdawczości lub bieżącego monitoringu. Brakuje wyraźnych mechanizmów sprzężenia zwrotnego między analizą danych a decyzjami strategicznymi.

Interpretując te wyniki, należy zauważyć, że przedstawiciele władz samorządowych w Polsce postrzegają dane raczej jako narzędzie wspomagające administrację niż jako element transformacji zarządczej. Wskazuje to na potrzebę rozwijania kultury organizacyjnej opartej na danych (data-driven governance), w której decyzje publiczne opierałyby się na analizie informacji w czasie rzeczywistym, a nie na cyklicznych raportach. Wprowadzenie takich mechanizmów wymaga jednak nie tylko inwestycji technologicznych, ale przede wszystkim rozwoju kompetencji analitycznych w administracji lokalnej oraz integracji systemów danych między wydziałami.

W ujęciu porównawczym można stwierdzić, że miasta europejskie znajdują się już w fazie konsolidacji cyfrowego zarządzania, podczas gdy polskie samorządy wciąż przechodzą etap eksperymentalny. Władze lokalne w Polsce dysponują technologicznymi narzędziami zbierania danych, lecz nie w pełni wykorzystują ich potencjał analityczny i predykcyjny. Przekształcenie danych w instrument zarządzania wymaga zatem nie tylko rozbudowy infrastruktury, lecz także zmiany sposobu myślenia o roli informacji w kształtowaniu jakości życia mieszkańców.

Podsumowanie wyników i rekomendacje w zakresie rozwoju cyfrowego wymiaru jakości życia

Zgromadzone dane, mimo ograniczonej liczebności próby, pozwalają uchwycić kluczowe różnice w podejściu do cyfrowego zarządzania jakością życia mieszkańców pomiędzy miastami polskimi a europejskimi. Wyniki należy traktować jako eksploracyjne, służące identyfikacji kierunków i jakościowych wzorców rozwoju, a nie jako statystyczne uogólnienie dla całej populacji miast. Analiza wskazuje, że w Polsce proces cyfrowej transformacji usług publicznych i miejskiego stylu życia znajduje się w fazie konsolidacji doświadczeń, podczas gdy w Europie osiągnął już etap integracji technologicznej i społecznej. Różnice te widoczne są w czterech głównych wymiarach: jakości usług cyfrowych, rozwoju infrastruktury, społecznego odbioru technologii oraz wykorzystania danych w zarządzaniu (rys. 6.3.6).



Rysunek 19. Różnice w zakresie wykorzystania narzędzi ICT w obszarze smart living między miastami polskimi i europejskimi

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W zakresie wpływu technologii cyfrowych na jakość życia mieszkańców miasta europejskie wykazują bardziej zintegrowane podejście do wykorzystania narzędzi ICT. Władze samorządowe wskazują, że technologie poprawiają dostęp do informacji i usług publicznych, zwiększają komfort korzystania z przestrzeni miejskich oraz wspierają innowacje społeczne. W polskich miastach cyfrowe rozwiązania funkcjonują głównie w formie jednostkowych projektów – aplikacji informacyjnych, portali usług publicznych czy systemów powiadamiania – nie zaś jako element spójnego systemu zarządzania jakością życia.

W odniesieniu do rozwoju infrastruktury cyfrowej widoczna jest wyraźna przewaga miast europejskich. Odpowiedzi samorządów potwierdzają szeroką dostępność sieci światłowodowej, planowy rozwój 5G oraz pełne pokrycie teleinformatyczne wszystkich dzielnic. W Polsce natomiast występuje znaczne zróżnicowanie terytorialne w tym zakresie – część miast znajduje się na poziomie średnim rozwoju, co sugeruje trwający proces rozbudowy infrastruktury i stopniowe wyrównywanie dysproporcji cyfrowych. W efekcie transformacja technologiczna w Polsce ma wciąż charakter asymetryczny, ograniczający równość dostępu do usług cyfrowych.

Największe różnice między Polską a Europą ujawniają się w obszarze społecznego odbioru technologii. W europejskich miastach widoczna jest silna orientacja na partycypację społeczną, etykę danych i ochronę prywatności – siedem samorządów osiągnęło poziomy zaawansowany lub pełnej implementacji w zakresie prowadzenia kampanii informacyjnych i włączania mieszkańców w procesy konsultacji. W Polsce komponent etyczno-partycypacyjny jest znacznie słabszy: dominują poziomy średnie, a działania władz samorządowych mają charakter incydentalny, często powiązany z realizacją pojedynczych projektów finansowanych ze środków zewnętrznych. Wskazuje to na etap budowania kompetencji organizacyjnych i społecznego zaufania do procesów cyfrowych.

W zakresie wykorzystania danych w zarządzaniu miejskim również zarysowuje się istotna różnica jakościowa. Władze europejskich miast deklarują szerokie wykorzystanie danych pochodzących z systemów ICT i AI do planowania inwestycji, analiz efektywności usług i dostosowywania polityk miejskich. Dane są tam traktowane jako strategiczny zasób zarządzania, a procesy decyzyjne mają charakter data-driven. W polskich miastach dane pełnią raczej funkcję sprawozdawczą lub monitorującą – są gromadzone, lecz rzadko analizowane w sposób

systematyczny. Wskazuje to na wczesny etap budowy organizacyjnej kultury danych, w której analiza informacji nie jest jeszcze w pełni zintegrowana z procesami zarządzania.

Tabela 3 syntetyzuje uzyskane wyniki, wskazując na wyraźne różnice w poziomie cyfrowej dojrzałości miast w wymiarze Smart Living. W każdym z analizowanych obszarów miasta europejskie osiągają wyższy poziom integracji technologicznej, społecznej i organizacyjnej, potwierdzając tym samym utrzymującą się lukę wdrożeniową między Polską a Europą. Dane ujawniają również zróżnicowanie charakteru działań – od fragmentarycznych inicjatyw i pilotaży w Polsce po systemowe rozwiązania w Europie. Oznacza to, że polskie miasta znajdują się w fazie przejściowej, w której doświadczenia z wdrożeń cząstkowych mogą stanowić podstawę dla przyszłej integracji działań.

Tabela 3. Syntetyczne zestawienie poziomu cyfrowej dojrzałości miast w wymiarze Smart Living

Obszar badania	Polska – dominujący poziom	Europa – dominujący poziom	Charakterystyka różnicy
Wpływ technologii cyfrowych na jakość życia	Średni	Zaawansowany – pełna implementacja	W Polsce działania projektowe, w Europie rozwiązania systemowe i zintegrowane
Infrastruktura cyfrowa i teleinformatyczna	Średni	Zaawansowany	Polska – rozwój selektywny, Europa – pełne pokrycie siecią i planowy rozwój 5G
Społeczny odbiór i etyka technologii	Średni	Zaawansowany – pełna implementacja	Polska – działania incydentalne, Europa – systemowe podejście do etyki i partycypacji
Wykorzystanie danych w zarządzaniu miastem	Początkowy – średni	Zaawansowany	Polska – gromadzenie danych, Europa – analitika i decyzje oparte na danych
Model rozwoju Smart Living (metakategoria syntetyczna)	Selektywny i reaktywny	Systemowy i inkluzywny	W Polsce dominują projekty fragmentaryczne, w Europie – zintegrowany model współzarządzania technologiami

Źródło: opracowanie własne.

Zestawienie wyników pozwala sformułować kilka ogólnych wniosków, które – ze względu na ograniczoną liczebność próby – należy traktować jako wskazania tendencji, a nie populacyjne uogólnienia:

1. W polskich miastach rozwój Smart Living przebiega w sposób rozproszony i projektowy, bez wyraźnej integracji działań międzysektorowych.
2. W miastach europejskich technologie cyfrowe są integralnym elementem polityk miejskich, wspierających zarówno efektywność administracyjną, jak i partycypację obywatelską.

3. Kluczowym czynnikiem różnicującym jest dojrzałość instytucjonalna – wyrażająca się w zdolności do łączenia infrastruktury technicznej z kulturą danych, etyką cyfrową i społecznym współzarządzaniem.
4. Polskie miasta, mimo niższego poziomu wdrożeń, wykazują rosnącą świadomość znaczenia technologii cyfrowych dla jakości życia, co wskazuje na etap przejściowy w kierunku systemowej integracji.

W tym kontekście rekomendacje mają charakter rozwojowy i orientacyjny – wskazują możliwe kierunki działań sprzyjające przyspieszeniu cyfrowej transformacji społecznej w miastach:

1. Wzmocnienie kompetencji cyfrowych i analitycznych administracji. Konieczne jest tworzenie programów szkoleniowych i wymiany wiedzy w zakresie zarządzania danymi, analityki miejskiej i etyki technologicznej.
2. Budowa inkluzywnego modelu Smart Living. Władze samorządowe powinny w większym stopniu angażować mieszkańców w procesy cyfryzacji, wdrażając mechanizmy konsultacji, feedbacku i współtworzenia usług publicznych.
3. Integracja danych w procesach decyzyjnych. Niezbędne jest rozwijanie systemów analitycznych umożliwiających wykorzystanie danych ICT i AI do planowania, prognozowania i oceny jakości usług publicznych.
4. Rozwój zrównoważonej infrastruktury cyfrowej. Dalsze inwestycje w sieci szerokopasmowe i 5G powinny być prowadzone planowo, z uwzględnieniem potrzeb wszystkich dzielnic i minimalizowaniem wykluczenia cyfrowego.
5. Ugruntowanie etyki i transparentności cyfryzacji. Samorządy powinny rozwijać polityki dotyczące ochrony danych, etycznego wykorzystywania AI i komunikacji z obywatelami, aby wzmacniać zaufanie społeczne do procesów cyfrowych.

Podsumowując, wyniki analizy wymiaru Smart Living ukazują, że polskie miasta znajdują się w fazie instytucjonalnego i kompetencyjnego dojrzwiania, podczas gdy w miastach europejskich obserwuje się już systemową integrację technologiczną i społeczną. W dłuższej perspektywie polskie samorządy stoją przed wyzwaniem przejścia od logiki wdrażania technologii do modelu zarządzania opartego na danych, zaufaniu i współuczestnictwie obywateli.

4.4. Smart Governance – cyfryzacja i partycypacja w zarządzaniu miastem

Wymiar *Smart Governance* odnosi się do wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnych w procesach zarządzania publicznego oraz do sposobu, w jaki cyfryzacja

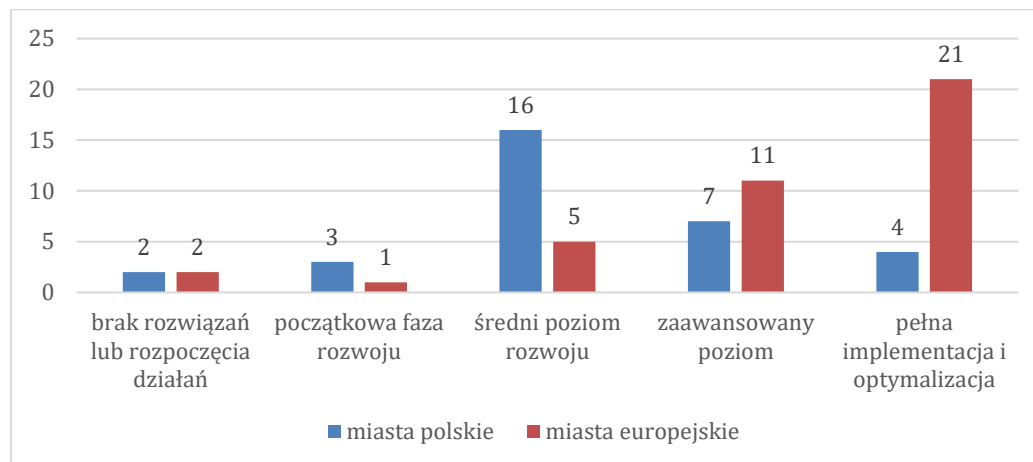
wpływa na przejrzystość, efektywność i partycypacyjny charakter funkcjonowania administracji miejskiej. W koncepcji Smart City 4.0 oznacza to przejście od tradycyjnych modeli zarządzania opartych na hierarchii i procedurach ku elastycznym, współtworzonym systemom decyzyjnym, w których dane i technologie stanowią podstawę projektowania polityk publicznych (data-driven policy).

Kluczowym elementem *Smart Governance* jest rozwój usług e-administracji – umożliwiających obywatelom szybki i bezpośredni dostęp do urzędów – oraz integracja systemów informatycznych pomiędzy różnymi jednostkami miejskimi. Równie istotne pozostają kwestie transparentności i otwartości danych (open data), które sprzyjają budowaniu zaufania społecznego i zwiększają odpowiedzialność władz publicznych. Cyfrowe narzędzia konsultacji społecznych oraz platformy współdecydowania umożliwiają z kolei realne włączenie mieszkańców w procesy planistyczne i strategiczne, czyniąc miasto bardziej inkluzyjnym i reaktywnym.

W wymiarze instytucjonalnym *Smart Governance* wymaga nie tylko odpowiednich technologii, ale także nowego podejścia do zarządzania – opartego na współpracy, otwartości i kompetencjach cyfrowych kadr administracji. Zdolność do integrowania danych, współdzielenia informacji między wydziałami i zapewniania bezpieczeństwa cyfrowego staje się dziś jednym z kluczowych mierników dojrzałości organizacyjnej samorządów. W efekcie *Smart Governance* stanowi fundament dla pozostałych wymiarów koncepcji Smart City, determinując sposób, w jaki technologie ICT są wdrażane, utrzymywane i wykorzystywane w służbie mieszkańców.

Podobnie jak w poprzednich wymiarach, każde pytanie w obszarze *Smart Governance* obejmowało zestaw szczegółowych stwierdzeń odnoszących się do praktyk miejskich w zakresie cyfryzacji administracji, zarządzania danymi, bezpieczeństwa informacji i partycypacji cyfrowej mieszkańców. Celem tej części analizy było zidentyfikowanie stopnia zaawansowania miast w procesie transformacji cyfrowej zarządzania publicznego, obejmującej zarówno aspekty technologiczne, jak i organizacyjne. Odpowiedzi samorządów pozwalają zrekonstruować obraz administracji miejskiej w kontekście gotowości do wdrażania usług online, integracji systemów informacyjnych, rozwijania kompetencji cyfrowych oraz zapewniania bezpieczeństwa danych. Zastosowana struktura badania umożliwia zatem ocenę nie tylko poziomu cyfryzacji procesów administracyjnych, lecz także dojrzałości instytucjonalnej miast w zakresie adaptacji rozwiązań *Smart Governance*.

Pierwszy analizowany obszar odnosi się do stopnia rozwoju e-usług publicznych dostępnych online, które stanowią podstawowy wskaźnik cyfrowej dojrzałości administracji miejskiej oraz praktyczną miarę wdrożenia idei Smart Governance (rys. 20). Z perspektywy użytkowników miejskich systemów administracyjnych dostępność usług online jest jednym z najbardziej namacalnych przejawów transformacji cyfrowej, a jednocześnie jednym z głównych determinantów zaufania obywateli do instytucji publicznych.



Rysunek 20. Orientacja administracji miejskiej na cyfryzację usług publicznych

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W miastach polskich odpowiedzi wskazują na wyraźną obecność procesów cyfryzacyjnych, choć o zróżnicowanym stopniu zaawansowania. W przypadku oferowania e-usług publicznych cztery miasta zadeklarowały średni poziom rozwoju, trzy – zaawansowany, a jedno – pełną implementację i optymalizację. Oznacza to, że wszystkie jednostki wprowadziły już elektroniczne kanały obsługi mieszkańców, lecz w większości są to rozwiązania częściowe, obejmujące wybrane obszary działania administracji. Podobne tendencje widoczne są w kwestii automatyzacji procesów wewnętrznych, gdzie trzy miasta osiągnęły poziom średni, dwa zaawansowany, a jedno pełną implementację. Pokazuje to, że narzędzia ICT są coraz częściej wykorzystywane nie tylko do obsługi mieszkańców, ale również do usprawniania pracy urzędów – choć wciąż bez powszechnego wykorzystania potencjału automatyzacji i integracji danych międzywydziałowych.

Nieco inaczej rozkładają się wyniki dotyczące strategii cyfrowego rozwoju. Tylko jedno miasto zadeklarowało pełną implementację, a dwa – początkową fazę rozwoju, co wskazuje, że w większości przypadków cyfryzacja wciąż ma charakter projektowy, a nie strategiczny. W wielu

przypadkach polityka cyfrowa stanowi część szerszych dokumentów rozwoju miasta, a nie odrębną strategię, co utrudnia spójne planowanie inwestycji w obszarze ICT. Jednocześnie fakt, że trzy miasta osiągnęły średni poziom rozwoju, może świadczyć o tym, że strategizacja procesów cyfrowych jest w toku, ale nie ma jeszcze jednolitych standardów i wymiaru organizacyjnego, który nadawałby im trwały charakter.

W odniesieniu do możliwości zdalnego załatwiania spraw przez mieszkańców, aż sześć miast znalazło się na poziomie średnim, jedno na zaawansowanym, a jedno na poziomie pełnej implementacji. Dane te sugerują, że cyfrowe kanały komunikacji z administracją stały się w Polsce rozwiązaniem powszechnym, choć ich dojrzałość technologiczna i użytkowa wciąż pozostaje ograniczona. W wielu przypadkach systemy te nie oferują pełnej obsługi „end-to-end” – część procedur kończy się na etapie składania wniosku online, podczas gdy pozostałe wymagają kontaktu tradycyjnego. Widać więc wyraźnie, że polska administracja samorządowa znajduje się na etapie przejściowym między cyfryzacją usług a rzeczywistą transformacją procesową.

Najbardziej zaawansowanym obszarem w tej grupie stwierdzeń jest wykorzystanie danych z urządzeń i aplikacji monitorujących w procesie podejmowania decyzji. Cztery miasta wskazały poziom zaawansowany, dwa – średni, a jedno – pełną implementację. To pokazuje, że część samorządów zaczyna przechodzić od fazy prostego gromadzenia danych do ich analitycznego wykorzystania. W praktyce oznacza to rozwój podstawowych elementów zarządzania opartego na danych, obejmującego przetwarzanie informacji z czujników środowiskowych, aplikacji miejskich czy systemów monitoringu infrastruktury. Wciąż jednak dominują zastosowania operacyjne, podczas gdy w miastach bardziej zaawansowanych rozwiązania te wspierają również decyzje strategiczne i planistyczne.

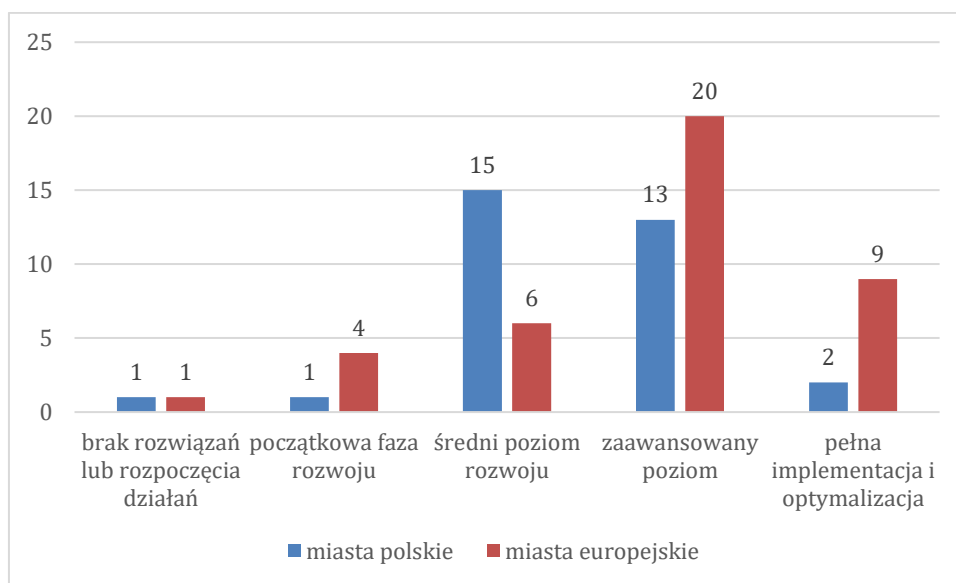
W grupie miast europejskich rozkład odpowiedzi jest zdecydowanie bardziej przesunięty w górne kategorie. W przypadku e-usług osiem miast osiągnęło poziom pełnej implementacji, a jedno – zaawansowany, co dowodzi, że w zdecydowanej większości jednostek administracja cyfrowa funkcjonuje jako zintegrowany system, umożliwiający kompleksową obsługę mieszkańca online. Zbliżony poziom zaawansowania dotyczy zdalnego załatwiania spraw urzędowych – osiem miast zadeklarowało pełną implementację, a jedno zaawansowany poziom. Dane te potwierdzają, że cyfrowe kanały komunikacji z mieszkańcami są w Europie rozwiązaniem standardowym, stanowiącym podstawowy mechanizm relacji obywatel–administracja. Równie wysokie wyniki uzyskano w obszarze wykorzystania danych z aplikacji i czujników – pięć miast osiągnęło poziom

zaawansowany, a trzy pełną implementację – co wskazuje, że dane stanowią tam integralny element procesów zarządczych.

Mniejsze różnice występują w przypadku formalnego przyjęcia strategii cyfrowego rozwoju – cztery miasta osiągnęły pełną implementację, trzy zaawansowany poziom, dwa średni, a jedno znajduje się w początkowej fazie rozwoju. Oznacza to, że w większości przypadków strategia cyfrowa jest dokumentem realnie wdrażanym, a nie jedynie planem kierunkowym. W odniesieniu do automatyzacji procesów wewnętrznych dominował poziom zaawansowany (sześć miast) i pełna implementacja (jedno miasto), co potwierdza, że w wielu europejskich urzędach transformacja cyfrowa obejmuje nie tylko obsługę obywateli, lecz także modernizację struktur organizacyjnych, przepływu pracy i zarządzania informacją.

Porównanie obu grup miast ujawnia wyraźny dystans w poziomie cyfrowej dojrzałości administracji. W Polsce dominuje etap selektywnej implementacji rozwiązań, w którym cyfryzacja traktowana jest jako narzędzie usprawnienia wybranych procesów, natomiast w Europie Zachodniej jest to już model zarządzania systemowego, oparty na integracji danych, automatyzacji i pełnej obsłudze cyfrowej. W polskich miastach cyfrowe technologie wciąż pełnią głównie funkcję operacyjną, służącą poprawie efektywności administracyjnej, podczas gdy w miastach europejskich mają one charakter strategiczny – umożliwiają zarządzanie predykcyjne, monitorowanie w czasie rzeczywistym i personalizację usług publicznych. Wyniki te sugerują, że polskie samorządy znajdują się w fazie konsolidacji doświadczeń, w której wdrożone rozwiązania wymagają dalszej integracji i umocowania instytucjonalnego, aby mogły stać się fundamentem inteligentnego zarządzania miejskiego.

W kolejności zbadano wpływ rozwiązań Industry 4.0 na efektywność zarządzania miastem (rys. 21). Oceniano tu zakres integracji systemów miejskich, zdolność do analizy danych w czasie rzeczywistym, stopień, w jakim podejście oparte na danych wpływa na jakość usług publicznych, a także to, w jakim stopniu władze miejskie wykorzystują narzędzia analityczne i czujniki infrastrukturalne w codziennym zarządzaniu. Ujęcie to pozwala uchwycić, na ile technologie czwartej rewolucji przemysłowej – obejmujące automatyzację, Internet Rzeczy, analizę danych czy systemy predykcyjne – stały się faktycznym komponentem zarządzania miejskiego, a nie jedynie elementem infrastruktury technicznej.



Rysunek 21. Wpływ rozwiązań Industry 4.0 na efektywność zarządzania miastem

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W przypadku miast polskich odpowiedzi pokazują, że proces cyfryzacji zarządzania w oparciu o rozwiązania Industry 4.0 znajduje się w fazie umiarkowanego rozwoju. W zakresie integracji systemów miejskich cztery miasta zadeklarowały średni poziom zaawansowania, cztery zaawansowany, a jedno – pełną implementację. Wynik ten sugeruje, że choć podstawy integracji danych z różnych źródeł (np. infrastruktura, transport, gospodarka odpadami) zostały już w większości miast wdrożone, to brakuje im jeszcze jednolitego systemu zarządzania opartego na spójnej platformie danych miejskich. Zbliżony rozkład uzyskano w przypadku analizy danych w czasie rzeczywistym – pięć miast znajduje się na poziomie średnim, jedno w fazie początkowej, jedno w pełnej implementacji i jedno na poziomie zaawansowanym. Dane te pokazują, że analiza w czasie rzeczywistym wciąż stanowi raczej funkcję eksperymentalną lub operacyjną (np. monitoring ruchu, pomiar zużycia energii), niż standardowy element zarządzania miejskiego.

W odniesieniu do wpływu podejścia opartego na danych na jakość usług publicznych cztery miasta osiągnęły poziom średni, cztery zaawansowany, a jedno pełną implementację. Oznacza to, że dane w coraz większym stopniu wykorzystywane są do optymalizacji procesów i poprawy efektywności działań – szczególnie w obszarach transportu, infrastruktury technicznej czy obsługi mieszkańców – ale tylko w nielicznych przypadkach stają się elementem systemowego zarządzania. Jeszcze mniej miast (dwa) zadeklarowały pełną integrację analizy danych w

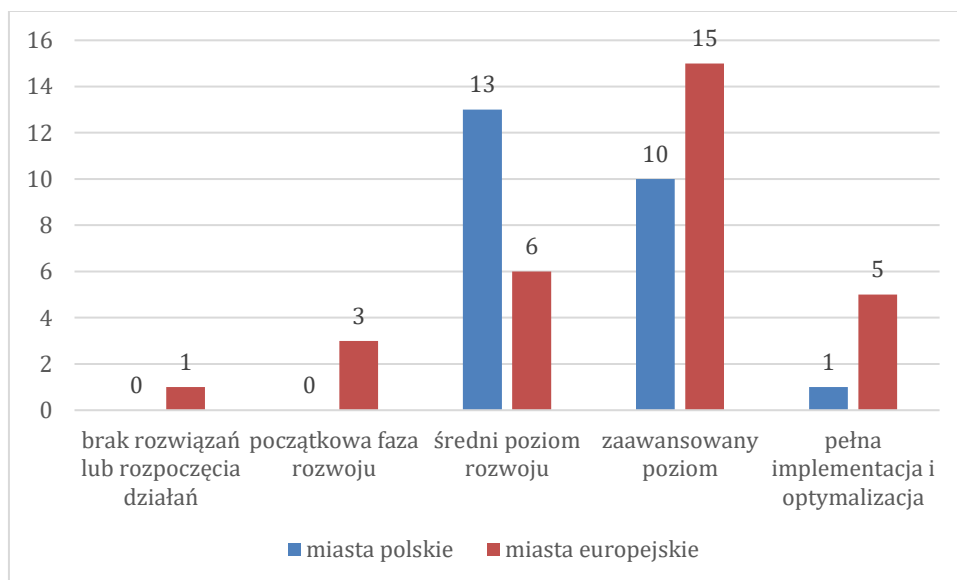
procesach decyzyjnych, co wskazuje, że w Polsce dominują nadal modele zarządzania oparte na raportowaniu ex post, a nie na analizie predykcyjnej czy modelach czasu rzeczywistego.

Najbardziej zaawansowane wdrożenia dotyczą obszaru bieżącego wykorzystania danych w decyzjach operacyjnych – trzy miasta osiągnęły poziom zaawansowany, cztery średni, a dwa pełną implementację. Dane te można interpretować jako oznakę stopniowego przechodzenia od fazy testowania technologii Industry 4.0 do praktycznej fazy ich wykorzystania w codziennym funkcjonowaniu administracji. Z kolei w zakresie użycia czujników w infrastrukturze miejskiej cztery miasta znalazły się na poziomie średnim, trzy na zaawansowanym, a jedno na poziomie pełnej implementacji. Pokazuje to, że inteligentne sensory stają się coraz częściej narzędziem bieżącego zarządzania technicznego – np. w wykrywaniu awarii, monitoringu zużycia energii czy utrzymaniu sieci wodno-kanalizacyjnych.

Zupełnie inny obraz wyłania się z analizy odpowiedzi miast europejskich, w których rozwiązania Industry 4.0 są już w znacznej mierze zintegrowane z procesami zarządczymi. W obszarze integracji systemów miejskich aż sześć miast zadeklarowało poziom zaawansowany, a trzy – pełną implementację. Podobny rozkład dotyczy analizy danych w czasie rzeczywistym: sześć miast znajduje się na poziomie zaawansowanym, a cztery osiągnęły pełną implementację. Dane te potwierdzają, że w większości badanych miast europejskich technologie automatyzacji i analizy danych nie są już dodatkiem do zarządzania, lecz jego podstawową warstwą technologiczną. Władze miejskie posiadają zintegrowane platformy analityczne, które umożliwiają monitorowanie stanu infrastruktury, prognozowanie popytu na usługi publiczne czy ocenę efektywności operacyjnej w czasie rzeczywistym.

W obszarze wpływu podejścia opartego na danych na jakość usług publicznych cztery miasta zadeklarowały pełną implementację, trzy – poziom zaawansowany, a dwa – średni. Oznacza to, że dane są wykorzystywane nie tylko w zarządzaniu technicznym, ale także w projektowaniu polityk publicznych i ocenie ich skuteczności. Jeszcze wyższe wyniki uzyskano w zakresie korzystania z platform analitycznych i czujników infrastrukturalnych: pięć miast osiągnęło pełną implementację, cztery zaawansowany poziom, a jedno średni. W praktyce przekłada się to na funkcjonowanie inteligentnych systemów zarządzania infrastrukturą miejską, umożliwiających wczesne wykrywanie nieprawidłowości i automatyczne reakcje systemowe – np. w sieciach energetycznych, wodociągowych czy transportowych.

Porównanie wyników polskich i europejskich miast jednoznacznie wskazuje, że w Polsce rozwiązania Industry 4.0 wciąż pełnią funkcję wspierającą, podczas gdy w Europie stały się integralnym elementem miejskiego ekosystemu zarządzania. W polskich miastach widoczna jest faza adaptacji – technologie cyfrowe są wdrażane głównie w celach operacyjnych, a ich potencjał analityczny i predykcyjny pozostaje w dużej mierze niewykorzystany. Natomiast w miastach europejskich osiągnięto etap konsolidacji i optymalizacji, w którym systemy analityczne, czujniki i automatyzacja tworzą spójne, samonapędzające się środowisko decyzyjne. Można zauważyć, że różnica między obiema grupami miast nie wynika jedynie z poziomu inwestycji, lecz również z dojrzałości instytucjonalnej i kultury zarządzania. W miastach europejskich dane i technologie Industry 4.0 stanowią narzędzie zarządzania strategicznego – wspierają procesy planistyczne, ewaluacyjne i komunikacyjne. W Polsce natomiast mają one głównie charakter narzędziowy, służący usprawnianiu poszczególnych procesów administracyjnych. W konsekwencji polskie samorządy, mimo widocznego postępu technologicznego, wciąż funkcjonują w logice „cyfrowej administracji”, a nie w pełni ukształtowanego smart governance, w którym decyzje opierają się na bieżącej analizie danych i sprzężeniach zwrotnych w czasie rzeczywistym.



Rysunek 22. Miasto podejmuje działania dotyczące gotowości mieszkańców do korzystania z miejskich usług cyfrowych

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Kolejnym istotnym wymiarem badania w obszarze Smart Governance była ocena stopnia przygotowania społeczności miejskiej do korzystania z usług cyfrowych (rys. 22). Ujęcie to dotyczy nie tylko samych użytkowników, lecz także jakości i intuicyjności narzędzi oferowanych przez administrację, działań promujących rozwiązania cyfrowe oraz systemowego wsparcia mieszkańców w procesie transformacji. Gotowość społeczna jest bowiem warunkiem koniecznym dla pełnego wykorzystania potencjału technologicznego – nawet najlepiej zaprojektowane systemy cyfrowe nie przynoszą efektów, jeśli ich użytkownicy nie posiadają odpowiednich kompetencji lub nie ufają nowym kanałom kontaktu z administracją.

W grupie miast polskich odpowiedzi w tym obszarze ujawniają fazę przejściową między etapem wprowadzania usług a fazą ich społecznej konsolidacji. W zakresie działań promujących rozwiązania cyfrowe pięć miast wskazało średni poziom rozwoju, trzy – zaawansowany, a jedno – pełną implementację. Dane te pokazują, że administracje coraz częściej podejmują działania informacyjne i edukacyjne, jednak wciąż w ograniczonym zakresie – zwykle w formie kampanii informacyjnych lub krótkotrwałych projektów, a nie stałych programów wzmacniania kompetencji cyfrowych społeczności lokalnej. Zbliżony rozkład uzyskano w odniesieniu do intuicyjności aplikacji miejskich: cztery miasta zadeklarowały poziom średni, trzy zaawansowany, a jedno pełną implementację. Wskazuje to na rosnącą dbałość o doświadczenie użytkownika, choć w wielu przypadkach aplikacje miejskie wciąż pozostają rozproszone i mało spójne pod względem funkcjonalnym.

W obszarze bezpośredniego wsparcia mieszkańców w korzystaniu z usług cyfrowych cztery miasta znalazły się na poziomie średnim, cztery na zaawansowanym, a jedno na pełnej implementacji. Taki rozkład dowodzi, że świadomość potrzeby wspierania mieszkańców w procesie cyfryzacji administracji jest coraz większa, choć skala i trwałość tych działań są nadal ograniczone. W praktyce oznacza to, że w wielu miastach funkcjonują punkty konsultacyjne, szkolenia lub infolinie, ale brakuje długofalowej strategii rozwoju kompetencji cyfrowych mieszkańców.

Nieco słabsze wyniki uzyskano w zakresie regularnego szkolenia pracowników urzędów, co ma bezpośredni wpływ na jakość obsługi cyfrowej. Trzy miasta wskazały poziom średni, cztery – zaawansowany, a jedno – pełną implementację. Wyniki te wskazują, że choć szkolenia w zakresie nowych technologii są coraz częściej praktykowane, to wciąż nie stanowią one elementu systemowego zarządzania kompetencjami w administracji lokalnej. Oznacza to, że rozwój cyfrowy

koncentruje się głównie na infrastrukturze, a nie w równym stopniu na kapitale ludzkim, który warunkuje skuteczność wdrażania nowoczesnych rozwiązań.

Ostatni wskaźnik w tej grupie – dotyczący gotowości społecznej do obsługi usług cyfrowych – ujawnił zróżnicowanie w odbiorze nowych form komunikacji z urzędem. Cztery miasta określiły poziom rozwoju jako średni, trzy jako zaawansowany, a jedno jako pełną implementację. Dane te sugerują, że cyfryzacja usług publicznych w Polsce napotyka bariery nie tylko technologiczne, ale także kulturowe – związane z różnym poziomem zaufania obywateli do technologii, dostępem do internetu oraz nawykami kontaktu z administracją.

W miastach europejskich sytuacja przedstawia się zdecydowanie bardziej zaawansowanie. W zakresie promocji rozwiązań cyfrowych pięć miast osiągnęło poziom zaawansowany, a cztery – pełną implementację. Podobnie w odniesieniu do intuicyjności aplikacji miejskich dominują wskazania z górnych przedziałów: cztery miasta określiły poziom jako zaawansowany, trzy jako pełny, a dwa jako średni. W większości analizowanych przypadków aplikacje te są zintegrowane z innymi systemami miejskimi, oferują spersonalizowany dostęp do usług i posiadają intuicyjne interfejsy zaprojektowane z perspektywy użytkownika.

Jeszcze wyraźniej widać przewagę miast europejskich w zakresie wsparcia użytkowników w korzystaniu z rozwiązań cyfrowych. Cztery miasta zadeklarowały pełną implementację, trzy – poziom zaawansowany, a dwa – średni. Dane te pokazują, że wsparcie kompetencyjne i edukacja cyfrowa są tam postrzegane jako integralny element polityki publicznej, a nie jako działanie pomocnicze. Szkolenia, konsultacje i materiały edukacyjne są dostępne w sposób ciągły, a ich celem jest nie tylko obsługa techniczna, lecz także zwiększanie zaufania społecznego do usług cyfrowych.

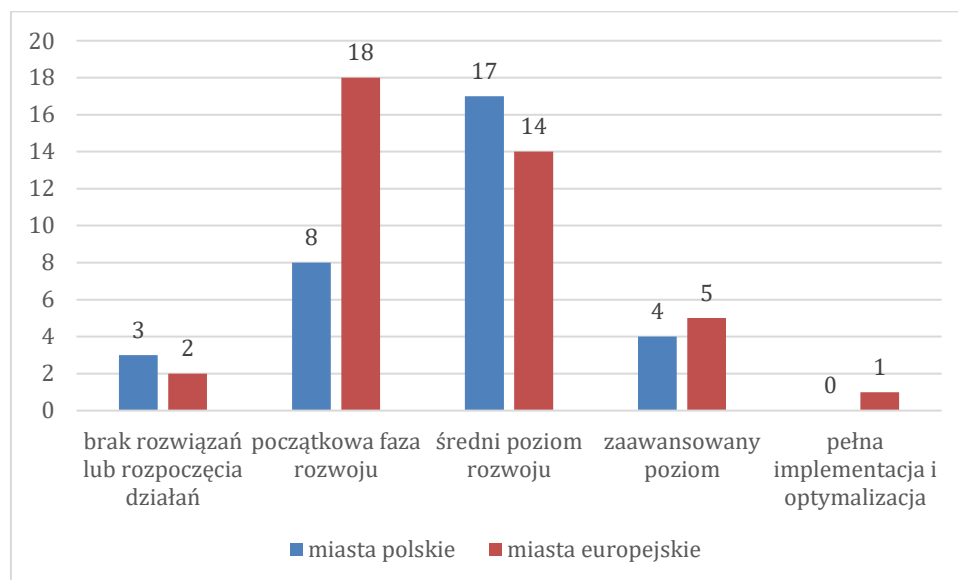
Podobne tendencje widoczne są w obszarze szkolenia pracowników urzędów – pięć miast zadeklarowało pełną implementację, a cztery zaawansowany poziom. W praktyce oznacza to, że władze lokalne inwestują nie tylko w infrastrukturę, ale również w kapitał kompetencyjny urzędników, co pozwala utrzymywać wysoką jakość obsługi cyfrowej. Takie podejście wpisuje się w model zarządzania opartego na wiedzy, w którym pracownik urzędu jest równocześnie użytkownikiem i współtwórcą procesów cyfrowych.

Porównując obie grupy miast, można zauważyć, że polskie samorządy zbliżają się do europejskiego standardu w zakresie świadomości znaczenia kompetencji cyfrowych, jednak wciąż pozostają w fazie selektywnego wdrażania działań wspierających. W miastach europejskich

gotowość mieszkańców do korzystania z usług cyfrowych jest traktowana jako jeden z filarów zarządzania cyfrowego, podczas gdy w Polsce – jako uzupełnienie procesu technologicznego. Oznacza to, że w polskich realiach przeważa logika „technologiczna”, skupiona na wdrażaniu narzędzi, natomiast w Europie dominuje logika „społeczna”, w której człowiek i jego zdolność do uczestnictwa w cyfrowym ekosystemie są centralnym elementem polityki miejskiej.

Wyniki te jednoznacznie wskazują, że dalszy rozwój cyfrowych miast w Polsce będzie zależeć nie tyle od skali inwestycji w infrastrukturę, ile od umiejętności integrowania technologii z edukacją i kulturą cyfrową mieszkańców. Dopiero wtedy transformacja cyfrowa administracji miejskiej stanie się procesem trwałym i inkluzywnym, opartym na równowadze między technologią a kompetencjami społecznymi.

Jednym z kluczowych czynników determinujących tempo i efektywność cyfrowej transformacji miast jest poziom kompetencji cyfrowych w administracji publicznej (rys. 23). Brak wykwalifikowanych kadr, trudności w rekrutacji specjalistów IT oraz ograniczone możliwości szkoleniowe stanowią bariery, które mogą skutecznie hamować procesy modernizacyjne, niezależnie od dostępności technologii czy funduszy. Analiza odpowiedzi w tym obszarze pozwala uchwycić skalę tych ograniczeń oraz różnice w zdolności miast do przewyższania barier kompetencyjnych.



Rysunek 23. Wpływ barier kompetencyjnych na proces cyfrowej transformacji miasta

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W grupie miast polskich wyniki jednoznacznie wskazują na utrzymujące się problemy kadrowe i niedobory kompetencyjne. Aż cztery miasta zadeklarowały, że brak wystarczających kompetencji cyfrowych w urzędzie występuje na poziomie średnim, trzy określiły go jako zjawisko zaawansowane, a jedno – jako początkowe. Dane te sugerują, że deficyt umiejętności technologicznych nie jest już problemem marginalnym, lecz strukturalnym – obejmującym zarówno personel techniczny, jak i administracyjny. W praktyce przekłada się to na trudności we wdrażaniu nowych rozwiązań informatycznych, brak ciągłości kompetencyjnej w zespołach oraz ograniczoną zdolność do samodzielnego utrzymania i rozwoju systemów cyfrowych.

Jeszcze bardziej niepokojące są wyniki dotyczące zatrudniania specjalistów IT. Cztery miasta wskazały na średni poziom trudności w tym zakresie, trzy – na zaawansowany, a dwa – na początkowy. Oznacza to, że większość jednostek ma ograniczoną zdolność konkurencji z sektorem prywatnym o wykwalifikowanych ekspertów. W efekcie systemy miejskie są często wdrażane przez zewnętrznych wykonawców, co z jednej strony pozwala na szybkie pozyskanie nowoczesnych rozwiązań, z drugiej zaś uzależnia miasta od dostawców technologii i ogranicza ich niezależność operacyjną.

Podobny rozkład uzyskano w odniesieniu do wpływu problemów kadrowych na proces wdrażania nowoczesnych systemów. Siedem miast zadeklarowało średni poziom rozwoju tego zjawiska, trzy – zaawansowany. Wskazuje to na istnienie realnych ograniczeń we wdrażaniu nowych technologii, wynikających nie tylko z braku specjalistów, ale również z niedostatecznej liczby pracowników mogących utrzymać nowe systemy po ich uruchomieniu. W wielu przypadkach władze miejskie koncentrują się na realizacji projektów inwestycyjnych, zaniedbując długofalowy aspekt zarządzania zasobami ludzkimi, który decyduje o trwałości wdrożonych rozwiązań.

W odniesieniu do szkolenia kadr sytuacja wygląda nieco lepiej. Cztery miasta znalazły się na poziomie średnim, trzy na zaawansowanym, a jedno – na pełnej implementacji. Dane te wskazują, że szkolenia w zakresie obsługi technologii cyfrowych są coraz częściej traktowane jako element modernizacji organizacyjnej, choć nadal pozostają rozproszone i nieskoordynowane. W wielu przypadkach szkolenia mają charakter doraźny, związany z wdrożeniem konkretnego systemu lub projektu, a nie część trwałego programu rozwoju kompetencji cyfrowych pracowników administracji publicznej.

W przeciwieństwie do tego obrazu, w miastach europejskich poziom kompetencji cyfrowych kadr jest zdecydowanie wyższy, a problemy kadrowe mają inny charakter – nie są już barierą systemową, lecz wyzwaniem organizacyjnym. W zakresie braku kompetencji cyfrowych dziewięć miast wskazało poziom początkowy lub brak występowania problemu, a tylko jedno określiło go jako średni. Oznacza to, że cyfrowe umiejętności stanowią w tych jednostkach standard, wspierany przez systematyczne szkolenia, wewnętrzne centra kompetencji i stałą współpracę z sektorem akademickim oraz prywatnym.

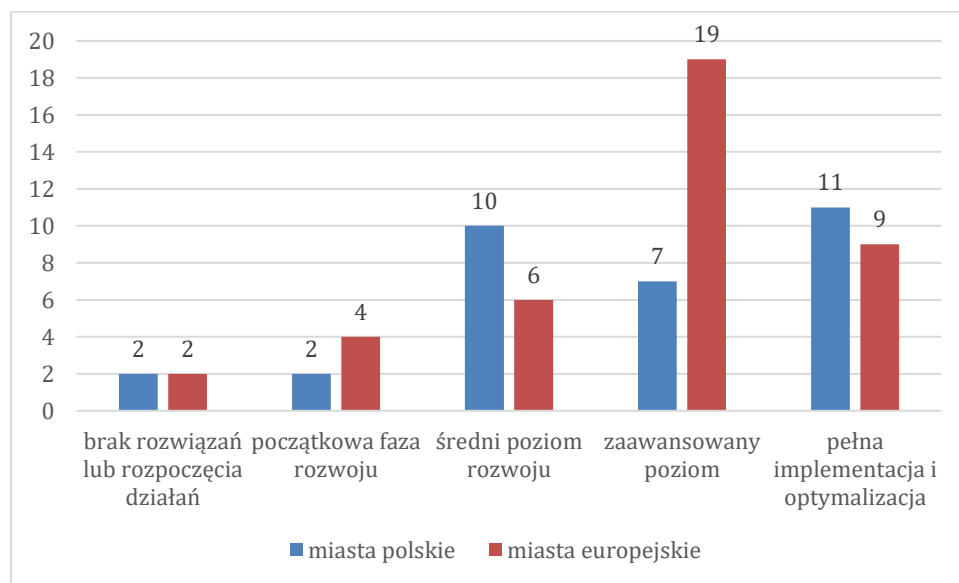
Podobnie w przypadku zatrudniania specjalistów IT dominują wskazania z najniższych kategorii: cztery miasta zadeklarowały poziom początkowy trudności, a sześć – średni. Choć również w Europie samorządy konkurują z sektorem prywatnym o ekspertów technologicznych, różnica polega na przyjętym modelu organizacyjnym. W wielu przypadkach stosowane są elastyczne formy współpracy – np. czasowe zespoły projektowe, inkubatory technologiczne czy partnerstwa publiczno-prywatne – które pozwalają utrzymać wysoki poziom kompetencji bez konieczności stałego zatrudniania wszystkich specjalistów.

Najbardziej widoczna przewaga miast europejskich ujawnia się jednak w zakresie szkolenia kadr i utrzymania ciągłości kompetencyjnej. Pięć miast osiągnęło poziom pełnej implementacji, trzy – zaawansowany, a dwa – średni. Dane te dowodzą, że szkolenia są integralnym elementem kultury organizacyjnej administracji, a rozwój kompetencji cyfrowych traktowany jest jako inwestycja strategiczna, a nie koszt operacyjny. Programy doskonalenia zawodowego obejmują nie tylko aspekty techniczne, ale także etyczne, organizacyjne i analityczne, co sprzyja rozwojowi nowoczesnych modeli przywództwa cyfrowego.

Porównanie obu grup miast pokazuje wyraźny kontrast między polskim a europejskim modelem zarządzania kompetencjami cyfrowymi. W Polsce proces cyfryzacji napotyka na barierę strukturalną – technologia rozwija się szybciej niż zdolność organizacyjna administracji do jej obsługi. W Europie natomiast cyfrowa transformacja jest procesem równoległym: modernizacja technologiczna postępuje w tym samym tempie co rozwój umiejętności i struktur zarządczych. Oznacza to, że różnice między grupami miast nie wynikają jedynie z poziomu rozwoju technologicznego, ale z odmiennego sposobu postrzegania roli kompetencji – w Polsce nadal jako wsparcia technicznego, w Europie jako strategicznego zasobu zarządzania. Można zauważyć, że w polskich miastach brak kompetencji cyfrowych ma charakter wielowymiarowy – dotyczy nie tylko niedoboru specjalistów, ale także braku kompetencji menedżerskich w zakresie zarządzania

transformacją technologiczną. W konsekwencji procesy cyfryzacji są często ograniczone do wdrożeń infrastrukturalnych, bez równoległego budowania kultury organizacyjnej opartej na danych i innowacji. W miastach europejskich natomiast funkcjonuje dojrzały model zarządzania wiedzą, w którym kompetencje cyfrowe są rozumiane jako kluczowy element odporności i zwinności organizacyjnej administracji publicznej.

Kluczowy element dojrzałości cyfrowej miast stanowi bezpieczeństwo danych i jest ono jednym z fundamentalnych warunków zaufania społecznego do procesów transformacji cyfrowej. (rys. 24) Wraz z rosnącą liczbą usług e-administracji, systemów monitorujących i platform analitycznych, administracje miejskie stają przed wyzwaniem zapewnienia ochrony informacji, zachowania integralności systemów oraz utrzymania wysokiego poziomu transparentności w zakresie przetwarzania danych. W kontekście rozwoju Smart Governance obszar ten stanowi swoiste zwierciadło jakości cyfrowego zarządzania – łączy bowiem aspekty techniczne, prawne, organizacyjne i etyczne.



Rysunek 24. Poziom bezpieczeństwa danych miejskich

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W miastach polskich wyniki badań wskazują na umiarkowany, choć nierównomierny poziom dojrzałości w zakresie ochrony danych. W odniesieniu do stosowania skutecznych mechanizmów ochrony danych siedem miast zadeklarowało poziom średni, trzy – zaawansowany, a jedno – pełną implementację. Oznacza to, że większość samorządów posiada podstawowe procedury i

zabezpieczenia techniczne, jednak ich integracja w szerszy system zarządzania bezpieczeństwem informacji wciąż pozostaje ograniczona. W wielu przypadkach ochrona danych koncentruje się na wymogach formalnych (zgodność z RODO, polityki bezpieczeństwa IT), podczas gdy aspekt analityczny i predykcyjny – pozwalający przewidywać potencjalne zagrożenia i reagować w czasie rzeczywistym – jest dopiero w fazie rozwoju.

Nieco lepsze wyniki uzyskano w zakresie regularnego testowania systemów informatycznych pod kątem bezpieczeństwa. Trzy miasta zadeklarowały poziom średni, trzy – zaawansowany, a jedno – pełną implementację. Dane te sugerują, że choć audyty bezpieczeństwa są coraz częściej realizowane, wciąż mają one charakter reaktywny, wykonywany po incydentach lub w ramach wymogów formalnych projektów finansowanych ze środków zewnętrznych. Brakuje natomiast systemowego podejścia do zarządzania ryzykiem cybernetycznym, w którym testowanie stanowiłoby stały element procesu zarządzania infrastrukturą cyfrową.

W obszarze transparentności przetwarzania danych – obejmującym informowanie mieszkańców o zasadach i celach ich gromadzenia – większość miast (pięć) wskazała średni poziom rozwoju, trzy – zaawansowany, a jedno – pełną implementację. Oznacza to, że komunikacja w zakresie ochrony danych jest prowadzona, lecz w sposób ograniczony i często mało zrozumiały dla przeciętnego odbiorcy. W praktyce brakuje prostych narzędzi pozwalających mieszkańcom śledzić, jakie dane są zbierane, w jakim celu i jak długo przechowywane.

Jeszcze słabsze wyniki odnotowano w odniesieniu do raportowania i analizy incydentów bezpieczeństwa. Dwa miasta zadeklarowały poziom średni, jedno – zaawansowany, a pięć – brak działań lub początkowy etap wdrożenia. Dane te wskazują, że w większości przypadków reagowanie na naruszenia bezpieczeństwa ma charakter doraźny i nie prowadzi do systemowego uczenia się organizacji. Brak jest centralnych rejestrów incydentów oraz mechanizmów umożliwiających analizę przyczyn i skutków naruszeń w celu zapobiegania ich powtarzaniu się w przyszłości.

Inaczej przedstawia się sytuacja w grupie miast europejskich, gdzie bezpieczeństwo danych zostało włączone w logikę całościowego zarządzania cyfrowego. W zakresie stosowania skutecznych mechanizmów ochrony danych pięć miast zadeklarowało pełną implementację, trzy – poziom zaawansowany, a dwa – średni. W praktyce oznacza to, że ochrona danych nie jest traktowana jako obowiązek formalny, lecz jako strategiczny filar funkcjonowania administracji cyfrowej. Miasta te dysponują nie tylko regulacjami wewnętrznymi, ale również

wyspecjalizowanymi jednostkami ds. cyberbezpieczeństwa, które monitorują systemy w czasie rzeczywistym i współpracują z krajowymi centrami reagowania na incydenty.

W obszarze testowania systemów informatycznych wyniki są jeszcze bardziej jednoznaczne: sześć miast osiągnęło pełną implementację, a cztery – zaawansowany poziom rozwoju. Regularne testy penetracyjne, audyty zewnętrzne oraz symulacje incydentów stanowią standardową praktykę zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury miejskiej. Takie podejście pozwala nie tylko ograniczać ryzyko techniczne, lecz także budować zaufanie społeczne poprzez transparentne informowanie o podjętych środkach ochronnych.

Zbliżony rozkład uzyskano w zakresie informowania mieszkańców o przetwarzaniu danych: cztery miasta wskazały pełną implementację, trzy – zaawansowany, a dwa – średni poziom rozwoju. Dane te potwierdzają, że w miastach europejskich transparentność jest integralną częścią polityki bezpieczeństwa, a nie działaniem komunikacyjnym. Coraz częściej funkcjonują tam portale danych publicznych, w których mieszkańcy mogą sprawdzić, jakie informacje są przetwarzane i w jakich celach, a także jak długo są przechowywane i komu udostępniane.

W odniesieniu do raportowania i analizy incydentów aż pięć miast zadeklarowało pełną implementację, a cztery – zaawansowany poziom. Oznacza to, że proces reagowania na naruszenia bezpieczeństwa jest nie tylko szybki, ale również analitycznie opracowywany, co pozwala na stałe doskonalenie systemów. Miasta europejskie wdrażają rozwiązania oparte na sztucznej inteligencji, które umożliwiają wczesne wykrywanie nieprawidłowości i minimalizowanie skutków ataków cybernetycznych.

Porównanie wyników obu grup miast wskazuje, że polskie samorządy znajdują się na etapie konsolidacji w zakresie bezpieczeństwa danych – posiadają podstawowe procedury i infrastrukturę, lecz brakuje im systemowego podejścia i zdolności analitycznych. Miasta europejskie osiągnęły natomiast etap pełnej integracji, w którym ochrona danych stanowi element zarządzania strategicznego, obejmujący zarówno prewencję, jak i analizę ryzyka. Różnice te wynikają nie tylko z poziomu technologicznego, ale przede wszystkim z odmiennego rozumienia bezpieczeństwa cyfrowego: w Polsce wciąż dominuje podejście reaktywne, skoncentrowane na spełnianiu wymogów formalnych, natomiast w Europie – proaktywne, ukierunkowane na zarządzanie ryzykiem i budowanie odporności systemów. Tym samym można stwierdzić, że bezpieczeństwo danych w administracji miejskiej jest nie tylko kwestią techniczną, lecz także kulturową i organizacyjną. O ile polskie miasta stopniowo włączają ten obszar do swoich strategii

cyfrowych, o tyle w miastach europejskich bezpieczeństwo informacji stanowi już rdzeń cyfrowego zarządzania. W efekcie różnice w poziomie zaufania społecznego do administracji cyfrowej są wprost proporcjonalne do poziomu bezpieczeństwa i transparentności działań władz miejskich.

W coraz bardziej złożonych systemach miejskich, opartych na danych z czujników, aplikacji, kamer i systemów telemetrycznych, umiejętność ich analizy i praktycznego wykorzystania staje się kluczowym warunkiem skutecznego zarządzania. Cyfrowe narzędzia analityczne, pozwalające przetwarzać dane w czasie rzeczywistym, wspierają nie tylko procesy operacyjne, ale również strategiczne decyzje władz miejskich. W kontekście Smart Governance obszar ten odzwierciedla zdolność miast do przekształcania danych w wiedzę, a wiedzy – w konkretne działania zarządcze.

Analiza wyników uzyskanych w grupie miast polskich ujawnia, że wykorzystanie danych i narzędzi analitycznych w codziennym zarządzaniu znajduje się nadal na etapie rozwoju i selektywnej implementacji. W pytaniu dotyczącym wykorzystania informacji z systemów monitorujących w codziennych decyzjach operacyjnych trzy miasta wskazały poziom średni, dwa – zaawansowany, a cztery – pełną implementację. Dane te pokazują, że część polskich samorządów osiągnęła już znaczący poziom integracji danych w procesach zarządzania, jednak w większości przypadków analityka ma charakter sektorowy – ograniczony do wybranych obszarów, takich jak transport, bezpieczeństwo czy gospodarka odpadami. Brakuje jeszcze pełnej integracji między różnymi systemami miejskimi, co utrudnia podejmowanie decyzji na poziomie całościowego ekosystemu miejskiego.

Nieco słabsze wyniki uzyskano w zakresie korzystania przez władze miejskie z platform analitycznych do oceny efektywności infrastruktury. Cztery miasta zadeklarowały poziom średni, trzy – zaawansowany, a dwa – pełną implementację. Dane te potwierdzają, że choć narzędzia analityczne są wprowadzane, ich wykorzystanie w praktyce zarządczej jest nadal ograniczone. W wielu przypadkach platformy te pełnią funkcję informacyjną, wspierając raportowanie i sprawozdawczość, ale nie są jeszcze w pełni zintegrowane z procesem podejmowania decyzji strategicznych.

W odniesieniu do wykorzystania czujników w bieżącym zarządzaniu infrastrukturą techniczną – np. w zakresie monitorowania awarii lub zużycia zasobów – cztery miasta zadeklarowały poziom średni, trzy – zaawansowany, a jedno – pełną implementację. Wyniki te świadczą o tym, że automatyzacja procesów utrzymania infrastruktury znajduje się w fazie przejściowej: rozwiązania

oparte na czujnikach są wdrażane głównie w obszarach o wysokim stopniu standaryzacji (np. sieci wodno-kanalizacyjne, oświetlenie uliczne), podczas gdy pozostałe sfery infrastruktury miejskiej wciąż funkcjonują w oparciu o tradycyjne metody zarządzania.

W zakresie transparentności i komunikacji z mieszkańcami – rozumianych jako udostępnianie informacji o wydatkowaniu środków publicznych na inwestycje w rozwiązania cyfrowe – cztery miasta wskazały poziom średni, trzy – zaawansowany, a dwa – pełną implementację. Wyniki te potwierdzają, że polskie miasta coraz częściej traktują przejrzystość finansową jako element budowania zaufania do działań w obszarze cyfryzacji. Jednak informacja o inwestycjach cyfrowych wciąż ma charakter fragmentaryczny – ograniczony do sprawozdań i raportów okresowych, a nie do stałego dialogu z mieszkańcami o priorytetach rozwoju technologicznego miasta.

Ostatni wskaźnik – dotyczący współtworzenia lokalnych polityk i rozwiązań przez mieszkańców za pomocą narzędzi cyfrowych – potwierdza, że w polskich miastach partycypacja cyfrowa dopiero się kształtuje. Trzy miasta wskazały średni poziom rozwoju, dwa – zaawansowany, a jedno – pełną implementację. Dane te sugerują, że narzędzia cyfrowe służące do konsultacji społecznych, zgłaszania pomysłów czy wspólnego projektowania polityk miejskich są wprowadzane, lecz nie stanowią jeszcze powszechnego standardu. W wielu przypadkach ograniczają się one do ankiet lub platform budżetu obywatelskiego, bez rozwiniętego systemu interakcji z mieszkańcami w czasie rzeczywistym.

W miastach europejskich sytuacja przedstawia się znacząco bardziej zaawansowanie. W zakresie wykorzystania danych w codziennych decyzjach operacyjnych siedem miast osiągnęło poziom pełnej implementacji, a trzy – zaawansowany. Oznacza to, że w większości analizowanych jednostek dane stanowią podstawowy zasób zarządczy, zintegrowany z platformami decyzyjnymi w czasie rzeczywistym. Systemy analityczne nie tylko wspierają proces podejmowania decyzji, ale często są jego inicjatorem – automatycznie generują rekomendacje lub scenariusze działań w zależności od sytuacji operacyjnej miasta.

W odniesieniu do korzystania z platform analitycznych do oceny efektywności infrastruktury pięć miast wskazało pełną implementację, cztery – zaawansowany poziom rozwoju. Dane te potwierdzają, że analityka infrastrukturalna jest integralnym elementem zarządzania w miastach europejskich. Dzięki integracji danych z różnych źródeł – transportowych, energetycznych,

środowiskowych i społecznych – władze miejskie są w stanie nie tylko diagnozować aktualne problemy, ale również przewidywać przyszłe potrzeby inwestycyjne.

W zakresie wykorzystania czujników w bieżącym zarządzaniu infrastrukturą siedem miast zadeklarowało pełną implementację, a dwa – zaawansowany poziom rozwoju. Wyniki te pokazują, że automatyzacja zarządzania infrastrukturą techniczną jest tam już normą, a nie wyjątkiem. Systemy oparte na danych z czujników umożliwiają szybkie wykrywanie awarii, monitorowanie efektywności energetycznej czy optymalizację utrzymania infrastruktury.

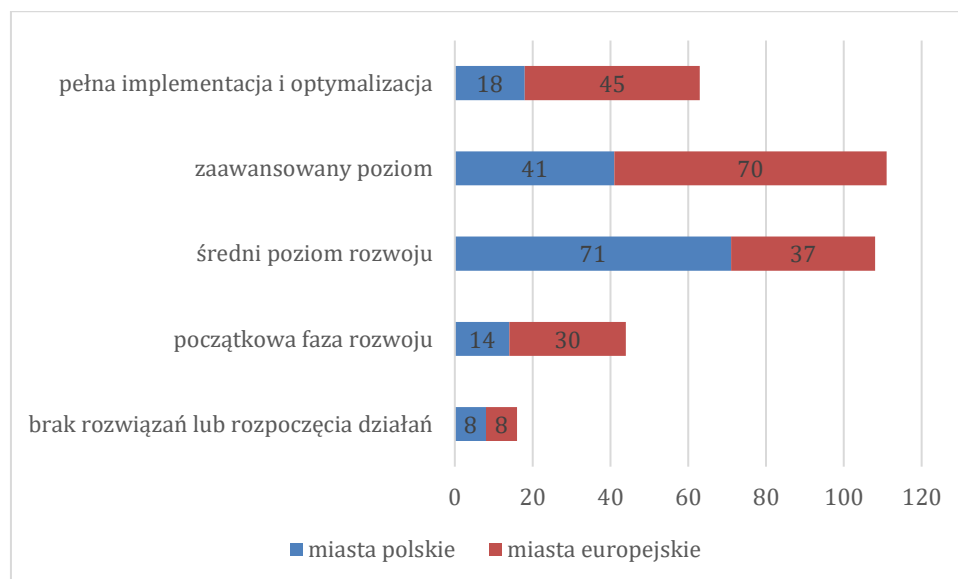
W obszarze transparentności finansowej i informowania o inwestycjach cyfrowych cztery miasta osiągnęły pełną implementację, trzy – zaawansowany, a dwa – średni poziom rozwoju. Dane te sugerują, że w miastach europejskich przejrzystość finansowa jest elementem kultury zarządzania, a nie jedynie wymogiem sprawozdawczym. Informacje o wydatkach są dostępne w czasie rzeczywistym, często zintegrowane z mapami inwestycji i otwartymi danymi budżetowymi.

W zakresie partycypacji cyfrowej cztery miasta wskazały pełną implementację, trzy – zaawansowany, a dwa – średni poziom rozwoju. Wskazuje to, że mieszkańcy europejskich miast coraz częściej uczestniczą w procesach współtworzenia polityk miejskich przy użyciu narzędzi cyfrowych – od aplikacji konsultacyjnych, przez fora deliberacyjne, po systemy głosowania online. Partycypacja cyfrowa nie jest tam traktowana jako symboliczny gest, lecz jako integralny mechanizm zarządzania publicznego, w którym mieszkańcy stają się współtwórcami rozwiązań, a nie tylko ich odbiorcami.

Porównując obie grupy miast, można zauważyć, że różnice między Polską a Europą nie dotyczą już samego dostępu do technologii, lecz poziomu ich integracji i dojrzałości analitycznej. Polskie miasta dysponują coraz bardziej zaawansowaną infrastrukturą danych, lecz nadal brakuje im zdolności organizacyjnych i kompetencyjnych do pełnego wykorzystania jej potencjału. W miastach europejskich dane są nie tylko źródłem informacji, ale przede wszystkim narzędziem zarządzania i współtworzenia polityk publicznych. Oznacza to, że w procesie cyfrowej transformacji największą barierą nie jest już technologia, lecz zdolność administracji do przekształcania danych w decyzje i budowania relacji z mieszkańcami w oparciu o wiedzę i zaufanie.

Podsumowanie wyników i rekomendacje w zakresie rozwoju inteligentnego zarządzania współczesnymi miastami

Cyfrowe zarządzanie miastem (*Smart Governance*) stanowi jeden z filarów koncepcji smart city, łącząc technologie informacyjno-komunikacyjne z procesami organizacyjnymi, decyzyjnymi i partycypacyjnymi. Obejmuje ono zarówno cyfryzację usług publicznych, zarządzanie danymi i bezpieczeństwem informacji, jak i rozwój kompetencji cyfrowych w administracji oraz aktywizację mieszkańców poprzez narzędzia współzarządzania (rys. 25). Zgromadzone dane badawcze, choć nie obejmują pełnej liczby jednostek samorządowych, pozwalają na wskazanie głównych tendencji i kierunków rozwoju w zakresie cyfrowej transformacji zarządzania. Ze względu na ograniczoną liczbę odpowiedzi, przedstawione wyniki należy traktować jako charakterystykę kierunkową, a nie podstawę do pełnych uogólnień.



Rysunek 25. Zakres wykorzystania narzędzi ICT w obszarze smart governance w miastach polskich i europejskich

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Zestawienie wyników pozwala określić poziom dojrzałości cyfrowego zarządzania w analizowanych miastach oraz wskazać kluczowe różnice pomiędzy grupą polską a europejską. Tabela 4 syntetyzuje wyniki badań, prezentując dominujący poziom rozwoju w poszczególnych obszarach Smart Governance oraz charakter różnic jakościowych, które odzwierciedlają odmienne tempo i sposób wdrażania rozwiązań cyfrowych w administracji miejskiej.

Tabela 4. Poziom rozwoju cyfrowego zarządzania (Smart Governance) w miastach polskich i europejskich

Obszar analizy	Miasta polskie – dominujący poziom	Miasta europejskie – dominujący poziom	Charakterystyka różnicy
Orientacja administracji na cyfryzację usług publicznych	Średni–zaawansowany	Zaawansowany–pełna implementacja	W Europie cyfryzacja obejmuje cały proces administracyjny; w Polsce ogranicza się do wybranych usług.
Wpływ rozwiązań Industry 4.0 na efektywność zarządzania	Średni	Zaawansowany–pełna implementacja	Polska – rozwiązania pilotażowe i częściowe wdrożenia; Europa – systemowe wykorzystanie danych.
Gotowość mieszkańców do korzystania z usług cyfrowych	Średni	Zaawansowany	Różnice wynikają z poziomu kompetencji cyfrowych i jakości interfejsów użytkownika.
Barriere kompetencyjne w administracji miejskiej	Średni	Zaawansowany–pełna implementacja	Polska – brak strategii kadrowych i niedobór specjalistów IT; Europa – zarządzanie wiedzą i szkolenia systemowe.
Poziom bezpieczeństwa danych miejskich	Średni	Zaawansowany–pełna implementacja	W Polsce działania reaktywne; w Europie – systemowe i prewencyjne zarządzanie bezpieczeństwem informacji.
Wykorzystanie danych i narzędzi analitycznych w zarządzaniu	Średni	Pełna implementacja	Polska – dane wspierają raportowanie; Europa – dane kształtują decyzje strategiczne.

Źródło: opracowanie własne.

Analiza wyników pokazuje, że polskie miasta stopniowo przechodzą od fazy cyfryzacji procesów administracyjnych do etapu integracji danych i budowy systemowego podejścia do zarządzania opartego na wiedzy. Zdecydowana większość znajduje się jednak nadal w fazie przejściowej – pomiędzy wdrażaniem technologii a rozwijaniem kompetencji organizacyjnych i instytucjonalnych. Wdrażane rozwiązania, choć często zaawansowane technicznie, mają charakter fragmentaryczny i nie tworzą spójnego ekosystemu zarządzania cyfrowego.

W miastach europejskich natomiast obserwuje się znacznie wyższy stopień konsolidacji procesów cyfrowych. Cyfryzacja usług publicznych obejmuje pełny cykl administracyjny – od obsługi spraw mieszkańców, przez integrację danych z różnych systemów, po wykorzystanie narzędzi analitycznych w czasie rzeczywistym. Dane nie są tam jedynie narzędziem raportowania, lecz pełnią funkcję zarządczą i predykcyjną. Wyraźną barierą w polskich miastach pozostaje ograniczony potencjał kadrowy – niedobór specjalistów IT, brak systematycznych szkoleń i polityk kompetencyjnych, a także niska kultura analityczna w administracji. Wpływa to negatywnie na zdolność do efektywnego wykorzystywania danych oraz wdrażania zintegrowanych systemów. Różnice między Polską a Europą mają zatem charakter nie tylko technologiczny, lecz także

organizacyjny i kulturowy – dotyczą sposobu myślenia o danych, zarządzaniu wiedzą i relacjach z mieszkańcami.

W obszarze bezpieczeństwa informacji polskie miasta znajdują się w fazie wdrażania podstawowych mechanizmów ochrony i audytu, jednak wciąż brakuje zintegrowanych procedur zarządzania ryzykiem. W miastach europejskich ochrona danych stanowi natomiast element strukturalny – oparty na zaufaniu, transparentności i regularnych audytach cyberbezpieczeństwa.

Różnice w dojrzałości cyfrowej ujawniają się również w sferze partycypacji społecznej. W Polsce narzędzia cyfrowe służące konsultacjom społecznym czy współtworzeniu polityk miejskich są stosowane w sposób selektywny, podczas gdy w Europie są integralną częścią zarządzania publicznego. Miasta europejskie traktują mieszkańców jako partnerów w procesie podejmowania decyzji, a nie wyłącznie odbiorców usług.

Ze względu na ograniczoną liczebność próby badawczej, poniższe wnioski należy traktować jako eksploracyjne i jakościowe – odzwierciedlające zidentyfikowane tendencje i kierunki rozwoju, a nie jako statystyczne uogólnienia dla całej populacji miast:

1. Polskie miasta znajdują się w fazie przejściowej między cyfryzacją procesów administracyjnych a budowaniem zintegrowanego systemu zarządzania opartego na danych.
2. Wdrażane rozwiązania technologiczne mają charakter fragmentaryczny i sektorowy, nie tworząc spójnego ekosystemu zarządzania cyfrowego.
3. Miasta europejskie osiągnęły etap pełnej integracji cyfrowej – dane wykorzystywane są w czasie rzeczywistym do podejmowania decyzji strategicznych.
4. Ograniczony potencjał kadrowy i brak polityk kompetencyjnych stanowią główną barierę wdrażania Smart Governance w Polsce.
5. W polskich samorządach bezpieczeństwo danych traktowane jest głównie formalnie, bez systemowych mechanizmów prewencji i audytu.
6. W Europie bezpieczeństwo informacji i zaufanie cyfrowe stanowią integralny element zarządzania publicznego.
7. W obszarze partycypacji społecznej miasta polskie dopiero rozwijają narzędzia współzarządzania cyfrowego, podczas gdy w miastach europejskich stanowią one trwałą komponent polityki miejskiej.

Wyniki badań potwierdzają, że dalszy rozwój cyfrowego zarządzania w polskich miastach wymaga nie tylko inwestycji w infrastrukturę, lecz przede wszystkim w kompetencje, integrację

danych i kulturę organizacyjną. Zidentyfikowane różnice mają charakter rozwojowy, co pozwala wskazać kilka kierunkowych działań wspierających proces transformacji:

1. Wzmocnienie kompetencji cyfrowych administracji – stworzenie systemowych programów szkoleniowych z zakresu analizy danych, zarządzania projektami cyfrowymi i cyberbezpieczeństwa; rozwijanie stanowisk specjalistycznych w urzędach.
2. Budowa interoperacyjnych platform danych – rozwój zintegrowanych systemów wymiany informacji między wydziałami i jednostkami miejskimi, co umożliwi podejmowanie decyzji opartych na danych w czasie rzeczywistym.
3. Rozwój kultury analitycznej – wprowadzenie narzędzi analizy predykcyjnej i modelowania scenariuszowego w planowaniu miejskim; wspieranie decyzji strategicznych danymi z czujników i systemów telemetrycznych.
4. Systemowe podejście do bezpieczeństwa danych – wdrożenie stałych procedur audytowych i prewencyjnych w zakresie cyberbezpieczeństwa; regularne raportowanie incydentów i informowanie mieszkańców o ochronie danych.
5. Rozwijanie partycypacji cyfrowej – promowanie narzędzi współzarządzania umożliwiającym mieszkańcom aktywny udział w planowaniu i ewaluacji polityk publicznych.
6. Przyjęcie długofalowych strategii Smart Governance – integracja celów technologicznych, kompetencyjnych i społecznych w ramach jednego dokumentu strategicznego; określenie mierników efektywności i etapów wdrażania.

Reasumując, cyfrowe zarządzanie miastem w Polsce znajduje się w fazie przejściowej – pomiędzy etapem technologicznej modernizacji a instytucjonalną dojrzałością. Dalszy rozwój będzie wymagał nie tylko zwiększenia inwestycji, ale przede wszystkim budowy zdolności organizacyjnych, kompetencyjnych i analitycznych, które pozwolą przekształcić dane w narzędzie rzeczywistego współzarządzania i planowania miejskiego.

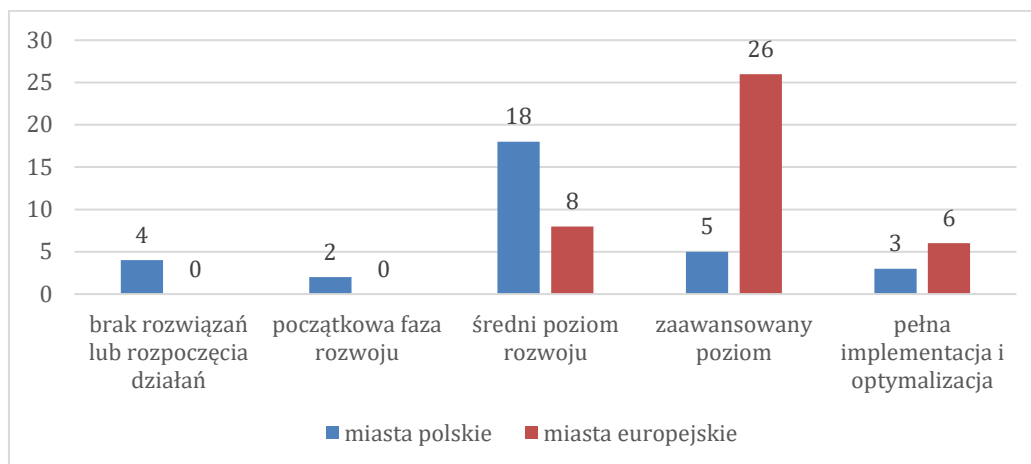
4.5. Smart Economy – innowacyjność i cyfryzacja gospodarki miejskiej

Inteligentna gospodarka koncentruje się na roli technologii cyfrowych w rozwoju gospodarczym miasta, w szczególności na wspieraniu innowacyjności, przedsiębiorczości oraz współpracy między sektorem publicznym, nauką i biznesem. W koncepcji Smart City 4.0 gospodarka miejska postrzegana jest jako ekosystem, w którym przepływ informacji, danych i zasobów wiedzy staje się równie istotny jak tradycyjna infrastruktura techniczna.

Cyfrowa gospodarka miejska obejmuje m.in. rozwój przedsiębiorstw technologicznych, start-upów i inkubatorów innowacji, wdrażanie rozwiązań typu public-private partnership (PPP), a także upowszechnianie narzędzi analityki danych w planowaniu inwestycji i zarządzaniu zasobami. W coraz większym stopniu znaczenia nabiera także integracja gospodarki lokalnej z globalnymi sieciami innowacji oraz adaptacja modeli biznesowych opartych na danych, automatyzacji i sztucznej inteligencji.

Z perspektywy polityk miejskich Smart Economy to nie tylko kwestia rozwoju nowoczesnych branż, lecz także tworzenia warunków dla transformacji cyfrowej przedsiębiorstw tradycyjnych oraz budowania kompetencji cyfrowych wśród mieszkańców. Miasta, które rozwijają ekosystem innowacji w sposób zrównoważony – łącząc wsparcie dla biznesu, edukacji i administracji – wzmacniają swoją odporność ekonomiczną oraz zdolność do adaptacji wobec globalnych zmian technologicznych. W tym sensie Smart Economy stanowi strategiczny wymiar dojrzałości miasta, od którego zależy trwałość i skuteczność całego procesu transformacji cyfrowej.

Podobnie jak w poprzednich wymiarach, również w obszarze Smart Economy sposób odpowiadania na pytania został ujednolicony, a każde z nich obejmowało zestaw szczegółowych stwierdzeń odnoszących się do praktyk miejskich w zakresie cyfryzacji gospodarki, zarządzania energią i odpadami, wykorzystania technologii Industry 4.0 oraz strategicznego zastosowania danych w politykach miejskich. Taka konstrukcja narzędzia badawczego umożliwiła zarówno identyfikację poziomu wdrożenia poszczególnych rozwiązań technologicznych, jak i ocenę kierunków rozwoju gospodarki cyfrowej w miastach. W niniejszym obszarze szczególny nacisk położono na analizę efektywności energetycznej, gospodarki o obiegu zamkniętym oraz zdolności miast do przekształcania danych środowiskowych i energetycznych w decyzje strategiczne. (rys. 26)



Rysunek 26. Efektywność zarządzania zużyciem energii przez miasto Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Analizując efektywność zarządzania zużyciem energii przez miasto można dostrzec wyraźne zróżnicowanie pomiędzy miastami polskimi i europejskimi – zarówno w zakresie poziomu zaawansowania technologicznego, jak i stopnia integracji rozwiązań energetycznych z cyfrowymi narzędziami zarządzania. Wśród miast polskich dominującym poziomem rozwoju jest etap średni, który uzyskały: trzy miasta w zakresie inwestycji w systemy zarządzania energią w budynkach publicznych, cztery w kategorii otwartego udostępniania danych mieszkańcom, sześć w obszarze stosowania rozwiązań poprawiających efektywność energetyczną oraz pięć w zakresie systemów monitorowania zużycia energii w czasie rzeczywistym. Dane te jednoznacznie wskazują, że proces cyfryzacji energetyki miejskiej w Polsce znajduje się w fazie stabilnego, lecz nie w pełni zintegrowanego rozwoju, w którym przeważają działania operacyjne, a nie strategiczne.

Na tle tych wyników szczególnie widoczna jest rola pojedynczych, lokalnych inicjatyw. Dwa miasta zadeklarowały zaawansowany poziom inwestycji w systemy zarządzania energią, dwa – otwarte udostępnianie danych energetycznych, a jedno – stosowanie rozwiązań poprawiających efektywność energetyczną. Pełna implementacja i optymalizacja pojawiła się w zaledwie jednym przypadku w każdej z wymienionych kategorii, co potwierdza, że zintegrowane, kompleksowe modele zarządzania energią w miastach polskich wciąż stanowią wyjątek. Zjawisko to wskazuje na lukę wdrożeniową pomiędzy fazą eksperymentalną a etapem pełnego wykorzystania potencjału technologii cyfrowych w politykach energetycznych.

W praktyce można zauważyć, że polskie miasta coraz częściej wprowadzają technologie umożliwiające pomiar, analizę i kontrolę zużycia energii, ale rzadko przekładają te działania na spójną strategię długoterminową. Oznacza to, że narzędzia cyfrowe funkcjonują w dużej mierze w charakterze wsparcia operacyjnego, a nie zarządczego. W wielu przypadkach rozwiązania te powstają w wyniku projektów finansowanych z funduszy zewnętrznych (np. programów krajowych lub regionalnych), co dodatkowo sprzyja ich fragmentaryzacji. Brakuje natomiast trwałych mechanizmów integrujących dane energetyczne z planowaniem przestrzennym, inwestycjami infrastrukturalnymi czy zarządzaniem budżetem energetycznym miasta.

Zupełnie odmienny obraz wyłania się w przypadku miast europejskich, gdzie obserwuje się znacznie wyższy poziom dojrzałości cyfrowej i organizacyjnej. Aż siedem miast zadeklarowało zaawansowany poziom rozwoju w zakresie inwestycji w systemy zarządzania energią w budynkach publicznych, sześć – w obszarze udostępniania danych w otwartym dostępie, siedem – w zakresie stosowania rozwiązań poprawiających efektywność energetyczną, a sześć – w zakresie systemów monitorujących zużycie energii w czasie rzeczywistym. Wyniki te potwierdzają, że w większości europejskich jednostek samorządowych wdrożono kompleksowe systemy zarządzania energią oparte na danych, które umożliwiają bieżące śledzenie zużycia, analizę trendów i prognozowanie zapotrzebowania w poszczególnych sektorach miejskich.

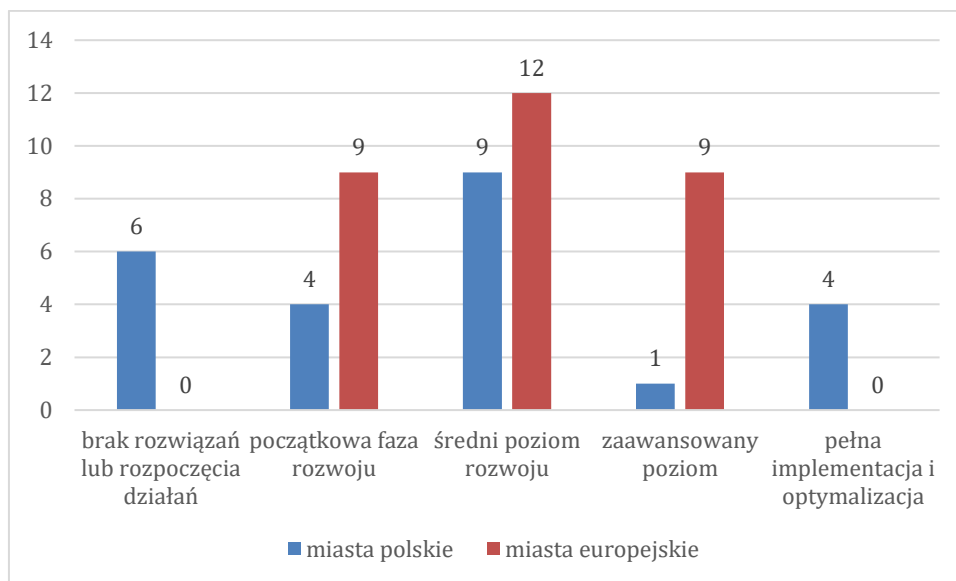
Mając powyższe na uwadze możemy stwierdzić, że różnice między grupami miast wynikają nie tylko z poziomu rozwoju technologicznego, ale przede wszystkim z różnic instytucjonalnych i systemowych. W Europie Zachodniej transformacja energetyczna jest integralną częścią polityki miejskiej, silnie powiązaną z realizacją celów klimatycznych, efektywnością ekonomiczną oraz zobowiązaniami wynikającymi z unijnych strategii energetycznych. Miasta korzystają z jednolitych ram regulacyjnych (np. dyrektywy Energy Efficiency Directive), systemów finansowania oraz zaawansowanych modeli analitycznych. W Polsce natomiast proces ten ma wciąż charakter adaptacyjny – miasta wdrażają poszczególne rozwiązania, lecz nie tworzą jeszcze z nich spójnego ekosystemu energetycznego.

Tę różnicę można określić jako cyfrową asymetrię wdrożeniową – sytuację, w której dostępność technologii nie przekłada się na zdolność do ich efektywnego wykorzystania w zarządzaniu publicznym. Polskie miasta wprowadzają technologie pomiarowe, automatyzację i cyfrowe systemy nadzoru, jednak często brakuje im kompetencji analitycznych i instytucjonalnych do

przekształcenia zgromadzonych danych w decyzje strategiczne. W rezultacie dane energetyczne pełnią głównie funkcję informacyjną, a nie predykcyjną czy optymalizacyjną.

W ujęciu porównawczym można skonstatować, że polskie miasta znajdują się w fazie cyfrowej modernizacji energetycznej, w której główny nacisk położony jest na wprowadzanie technologii pomiarowych i zwiększanie świadomości energetycznej, natomiast miasta europejskie osiągnęły etap systemowej optymalizacji energetycznej – integrującej dane z czujników, modele predykcyjne i strategie inwestycyjne w jeden spójny model zarządzania energią miejską. W miastach europejskich dane energetyczne stanowią nie tylko narzędzie nadzoru, ale przede wszystkim zasób strategiczny, determinujący decyzje w zakresie planowania przestrzennego, mobilności i zrównoważonego rozwoju. Tym samym polskie miasta w coraz większym stopniu wykorzystują technologie cyfrowe w zarządzaniu energią, lecz ich działania mają wciąż charakter punktowy i reaktywny. W odróżnieniu od miast europejskich, gdzie dane stały się kluczowym elementem procesu decyzyjnego, w Polsce proces transformacji dopiero przechodzi od fazy eksperymentalnej do etapu konsolidacji, w którym możliwe będzie pełne wykorzystanie potencjału analityki i automatyzacji w ramach inteligentnej gospodarki miejskiej.

Po omówieniu kwestii związanych z cyfrowym zarządzaniem energią, uwagę skierowano ku innemu wymiarowi Smart Economy – gospodarce odpadami miejskimi, w której technologie Industry 4.0 stają się kluczowym czynnikiem transformacji modeli zarządzania, integrując wymiar ekologiczny, organizacyjny i technologiczny. Analiza wyników dotyczących wykorzystania technologii Industry 4.0 w gospodarce odpadami miejskimi wskazuje na wyraźne różnice pomiędzy miastami polskimi a europejskimi w zakresie stopnia cyfryzacji procesów zarządzania odpadami oraz zdolności do wykorzystania danych w procesach decyzyjnych. (rys. 27).



Rysunek 27. Wykorzystanie technologii Industry 4.0 w gospodarce odpadami miejskimi

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Wśród miast polskich przeważa średni poziom rozwoju, który osiągnęły: dwa miasta w zakresie stosowania pojemników na odpady wyposażonych w czujniki napelnienia, trzy miasta w odniesieniu do optymalizacji tras śmieciarek na podstawie danych, cztery miasta w kategorii inwestycji w cyfrowe narzędzia gospodarki odpadami oraz trzy miasta w zakresie udostępniania aplikacji informujących mieszkańców o odbiorze odpadów. Wskazuje to, że polskie samorządy są w trakcie procesu wdrażania narzędzi cyfrowych, które mają charakter operacyjny i służą przede wszystkim usprawnieniu bieżącej logistyki systemu odpadowego.

Zaawansowany poziom rozwoju w tym zakresie zadeklarowało tylko jedno miasto dla każdej z wymienionych kategorii, a pełną implementację – również jedno miasto w zakresie inwestycji w cyfrowe narzędzia gospodarki odpadami oraz trzy miasta w odniesieniu do aplikacji służących mieszkańcom. Dane te potwierdzają, że technologie czwartej rewolucji przemysłowej – takie jak automatyzacja, Internet Rzeczy (IoT) czy analityka danych – są w Polsce wdrażane głównie punktowo, w ramach pojedynczych projektów pilotażowych, często współfinansowanych ze środków zewnętrznych. Większość z nich koncentruje się na aspektach infrastrukturalnych (czujniki, systemy trasowania, aplikacje informacyjne), podczas gdy integracja danych oraz ich wykorzystanie w procesach planistycznych i strategicznych pozostają na wczesnym etapie rozwoju.

Wyniki dla miast europejskich wskazują na znacznie wyższy poziom zaawansowania w tym zakresie. Aż pięć miast zadeklarowało zaawansowany poziom rozwoju w odniesieniu do stosowania pojemników z czujnikami napełnienia, cztery – w zakresie optymalizacji tras śmieciarek, trzy – w obszarze inwestycji w cyfrowe narzędzia gospodarki odpadami, a pięć – w kategorii udostępniania mieszkańcom aplikacji informacyjnych. Na poziomie pełnej implementacji i optymalizacji znalazły się dwa miasta w kategorii czujników napełnienia, trzy w obszarze trasowania śmieciarek oraz dwa w zakresie edukacji mieszkańców o usługach odpadowych. Dane te potwierdzają, że miasta europejskie dysponują bardziej zintegrowanymi systemami zarządzania odpadami, w których technologie cyfrowe są nie tylko narzędziem operacyjnym, lecz także elementem strategicznego nadzoru nad efektywnością i zrównoważeniem procesów gospodarki odpadowej.

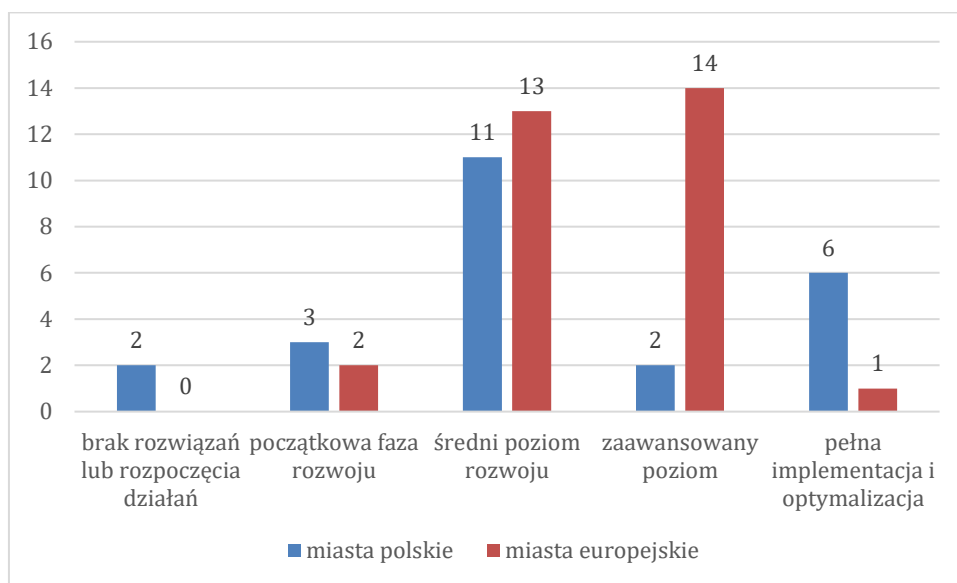
Powyższe pozwala stwierdzić, że polskie miasta wciąż koncentrują się głównie na etapach zbierania i przetwarzania danych, podczas gdy miasta europejskie potrafią je efektywnie wykorzystywać do prognozowania i optymalizacji procesów. W Europie systemy oparte na technologii Industry 4.0 są integralnie powiązane z modelami predykcyjnymi i analitycznymi, umożliwiającymi dynamiczne reagowanie na zmiany ilości odpadów, sezonowość czy zmiany demograficzne. Z kolei w Polsce technologie te mają charakter wspomagający – ich funkcja ogranicza się do informowania i usprawniania operacji logistycznych, bez pełnego sprzężenia zwrotnego między danymi, decyzjami i działaniami.

Zauważalna jest również różnica w kontekście instytucjonalnym. W miastach europejskich rozwój cyfrowych systemów gospodarki odpadami jest konsekwencją długofalowych polityk środowiskowych oraz unijnych wymogów dotyczących gospodarki o obiegu zamkniętym (Circular Economy). W Polsce natomiast wdrożenia są w dużej mierze uzależnione od możliwości finansowych i dostępności grantów, co prowadzi do ich rozproszenia i braku ciągłości. Ograniczenia kadrowe i kompetencyjne, które sygnalizowano w innych częściach badania, również mogą wpływać na niższy poziom integracji narzędzi cyfrowych w gospodarce odpadowej.

W szerszej perspektywie różnice te świadczą o tym, że Industry 4.0 w gospodarce odpadami funkcjonuje w Polsce głównie jako zbiór narzędzi technicznych, podczas gdy w Europie stanowi model zarządzania oparty na danych i automatyzacji. W miastach europejskich dane z czujników i aplikacji służą nie tylko do monitorowania, lecz także do modelowania procesów logistycznych i planowania inwestycji w infrastrukturę recyklingową. W Polsce brak takiej

integracji sprawia, że cyfrowe systemy odgrywają rolę informacyjną, nie zaś decyzyjną. Polskie miasta dopiero wkraczają w etap instytucjonalnego wdrażania rozwiązań Industry 4.0 w gospodarce odpadami, koncentrując się na budowie infrastruktury pomiarowej i wprowadzaniu cyfrowych narzędzi obsługi mieszkańców. Miasta europejskie natomiast osiągnęły etap systemowej integracji danych i automatyzacji procesów, co pozwala im na efektywne zarządzanie przepływami materiałów, zasobami ludzkimi i logistyką miejską w duchu gospodarki cyrkularnej. Różnica ta stanowi ilustrację odmiennego tempa cyfrowej transformacji – od fazy eksperymentalnej i infrastrukturalnej w Polsce do fazy predykcyjnej i optymalizacyjnej w Europie.

W dalszej części analizy uwagę skierowano ku kwestii zaangażowania mieszkańców w cyfrowe systemy gospodarki odpadami, które stanowi istotny element rozwoju inteligentnej gospodarki miejskiej (rys. 28). Wskaźniki w tym obszarze ukazują zróżnicowany poziom partycypacji i wykorzystania narzędzi cyfrowych wśród społeczności lokalnych, wskazując na wyraźne różnice pomiędzy miastami polskimi a europejskimi.



Rysunek 28. Zaangażowanie mieszkańców w cyfrowe systemy gospodarki odpadami

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Wśród miast polskich dominującą kategorią jest średni poziom rozwoju – dotyczy on czterech miast w odniesieniu do aplikacji informujących mieszkańców o odbiorze odpadów, czterech miast w zakresie edukacji mieszkańców w zakresie korzystania z e-usług odpadowych oraz czterech miast w obszarze systemów cyfrowych zachęcających do segregacji odpadów. Na poziomie zaawansowanym plasuje się po jednym mieście w każdej z tych kategorii,

natomiast pełną implementację wykazały trzy miasta w zakresie aplikacji informacyjnych oraz dwa miasta w kategorii edukacji ekologicznej. Wyniki te wskazują, że miasta polskie znajdują się w fazie rozwoju funkcjonalnych narzędzi cyfrowych wspierających komunikację i świadomość ekologiczną, jednak ich skuteczność w angażowaniu mieszkańców pozostaje ograniczona. Systemy te są stosunkowo nowe, a ich zasięg często obejmuje wybrane grupy użytkowników, co świadczy o braku pełnej integracji rozwiązań z codziennymi praktykami społecznymi.

W miastach europejskich natomiast widać wyraźnie bardziej zaawansowany etap wdrożenia. W obszarze aplikacji informacyjnych aż pięć miast znajduje się na poziomie zaawansowanym, a cztery osiągnęły pełną implementację. Podobny rozkład widoczny jest w przypadku edukacji cyfrowej mieszkańców – pięć miast zadeklarowało zaawansowany poziom, a cztery pełną implementację. W odniesieniu do systemów cyfrowych zachęcających do segregacji odpadów również dominują miasta z poziomu zaawansowanego (cztery wskazania) oraz średniego (pięć wskazań). Dane te dowodzą, że w krajach europejskich narzędzia cyfrowe pełnią nie tylko funkcję informacyjną, lecz także motywacyjną – są zintegrowane z programami edukacyjnymi, mechanizmami nagradzania użytkowników oraz z systemami oceny skuteczności działań proekologicznych.

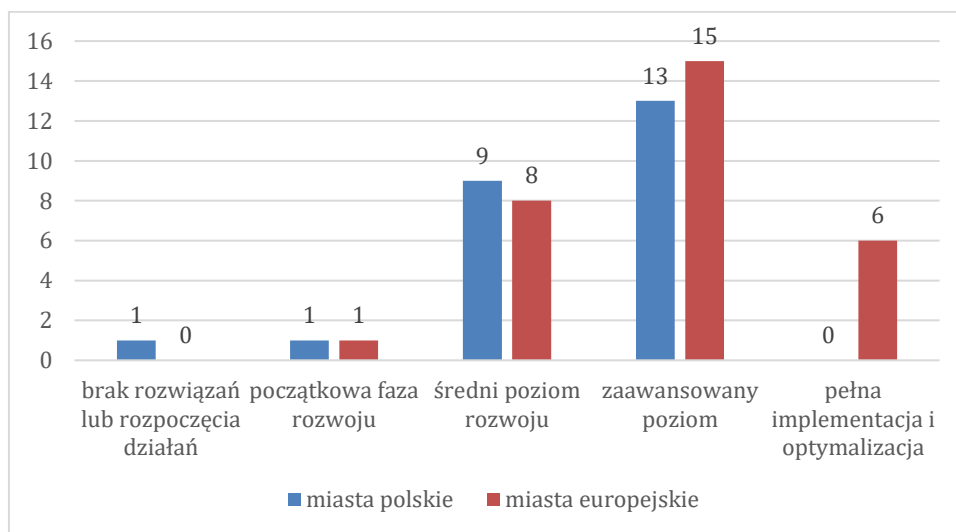
Interpretacja tych wyników wskazuje na różnicę w podejściu do cyfrowej partycypacji mieszkańców. W miastach polskich narzędzia te mają głównie charakter komunikacyjny – ich zadaniem jest dostarczanie informacji i promowanie zachowań proekologicznych, natomiast w miastach europejskich rozwiązania te stają się elementem współzarządzania odpadami, angażując mieszkańców jako aktywnych uczestników systemu. Aplikacje i platformy cyfrowe w Europie są często zintegrowane z lokalnymi strategiami gospodarki o obiegu zamkniętym, a dane generowane przez użytkowników wykorzystywane są do monitorowania i optymalizacji procesów recyklingu.

Wyniki badań sugerują również, że czynniki społeczne i kulturowe odgrywają znaczącą rolę w kształtowaniu poziomu zaangażowania. W Polsce cyfrowe systemy gospodarki odpadami funkcjonują często w warunkach ograniczonego zaufania społecznego do technologii oraz niskiej motywacji do aktywnego korzystania z aplikacji miejskich. W Europie natomiast współuczestnictwo w procesach zarządzania odpadami jest postrzegane jako element odpowiedzialności obywatelskiej i współtworzenia dobra wspólnego, co przekłada się na wyższy poziom adopcji i skuteczność tych narzędzi.

Pod względem technologicznym różnice między Polską a Europą wynikają również z odmiennego stopnia integracji systemów informacyjnych. W wielu miastach europejskich aplikacje odpadowe są częścią szerszego ekosystemu danych miejskich, łączącego gospodarkę odpadami z energetyką, planowaniem przestrzennym czy mobilnością. Taka interoperacyjność systemów umożliwia tworzenie spójnych modeli zarządzania zasobami i stanowi jeden z wyznaczników dojrzałości cyfrowej miasta. W Polsce rozwiązania te pozostają w dużej mierze rozproszone, co ogranicza możliwość pełnego wykorzystania potencjału danych i narzędzi predykcyjnych.

W rezultacie, wyniki badania potwierdzają, że choć polskie miasta podejmują liczne działania w zakresie cyfrowego angażowania mieszkańców w systemy gospodarki odpadami, to proces ten jest jeszcze na etapie konsolidacji i poszukiwania efektywnych modeli współpracy. Z kolei miasta europejskie osiągnęły już poziom, w którym cyfrowe kanały komunikacji i aplikacje mobilne stają się integralnym elementem systemu współzarządzania oraz instrumentem realizacji celów zrównoważonego rozwoju.

W analizie kolejnego obszaru badawczego skupiono się na ocenie wpływu ograniczeń finansowych na rozwój miejskich rozwiązań energetycznych, które stanowią jeden z kluczowych czynników warunkujących tempo i skalę transformacji w kierunku inteligentnej gospodarki miejskiej (rys. 29). Uzyskane wyniki ujawniają wyraźne różnice pomiędzy miastami polskimi a europejskimi w zakresie uzależnienia inwestycji od zewnętrznych źródeł finansowania oraz wykorzystania dotacji i grantów na odnawialne źródła energii (OZE).



Rysunek 29. Wpływ ograniczeń finansowych na rozwój miejskich rozwiązań energetycznych

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W przypadku miast polskich struktura odpowiedzi wskazuje, że dominującą kategorią w odniesieniu do korzystania z dotacji i grantów na OZE jest średni poziom rozwoju (2 miasta), natomiast zaawansowany poziom osiągnęły cztery miasta. Jednocześnie aż sześć miast zadeklarowało pełną implementację systemów finansowania opartych na dotacjach. Dane te sugerują, że polskie miasta w dużej mierze opierają swoje działania na dostępnych mechanizmach wsparcia zewnętrznego – zwłaszcza funduszach europejskich i krajowych programach modernizacyjnych. Wysoka liczba wskazań w kategoriach zaawansowanej i pełnej implementacji w tej grupie może świadczyć o rosnącym doświadczeniu samorządów w pozyskiwaniu środków zewnętrznych, lecz jednocześnie o niskim stopniu samowystarczalności finansowej, co czyni proces transformacji podatnym na zmiany w polityce grantowej i priorytetach programowych.

W odniesieniu do inwestycji w nowe technologie zależnych od zewnętrznych źródeł finansowania dominującą kategorią również jest średni poziom rozwoju (3 miasta), a po jednym mieście znajduje się na poziomie początkowym i pełnej implementacji. Wyniki te potwierdzają, że w Polsce finansowanie innowacji energetycznych ma charakter selektywny i projektowy – inwestycje są realizowane głównie w ramach czasowo ograniczonych projektów, często z udziałem środków unijnych, natomiast brakuje trwałych mechanizmów finansowania i długoterminowych modeli partnerstwa publiczno-prywatnego (PPP).

Z kolei miasta europejskie prezentują bardziej zrównoważony profil finansowania rozwiązań energetycznych, w którym środki zewnętrzne pełnią funkcję uzupełniającą, a nie podstawową. W zakresie korzystania z dotacji i grantów na OZE dominują miasta na średnim poziomie rozwoju (3 wskazania) oraz zaawansowanym poziomie (6 wskazań), przy czym dwa miasta osiągnęły poziom pełnej implementacji. Jednocześnie w przypadku zależności inwestycji od źródeł zewnętrznych aż sześć miast znajduje się na poziomie zaawansowanym, a kolejne sześć w kategorii średniego rozwoju. Wskazuje to na większą stabilność systemu finansowego i inwestycyjnego, w którym środki zewnętrzne są raczej jednym z elementów strategii rozwoju energetycznego niż warunkiem koniecznym jej realizacji. Prowadzi to do wniosku, że polskie miasta znajdują się w fazie transformacji o charakterze kompensacyjnym – zamiast budować samodzielne modele finansowania, dostosowują swoje działania do dostępnych programów pomocowych. Miasta europejskie natomiast charakteryzują się większą dojrzałością instytucjonalną i finansową, umożliwiającą integrowanie środków publicznych, prywatnych i wspólnotowych w ramach długofalowych strategii energetycznych.

Warto również zwrócić uwagę, że różnice te odzwierciedlają nie tylko odmienne poziomy zamożności, ale też różne modele zarządzania strategicznego. W Polsce planowanie energetyczne ma często charakter reaktywny – projekty są wdrażane w odpowiedzi na dostępne źródła finansowania, a nie w ramach konsekwentnie realizowanej polityki miejskiej. W Europie natomiast środki zewnętrzne stanowią narzędzie wzmocnienia działań już zaplanowanych w ramach zintegrowanych strategii, co pozwala na ich lepszą spójność z celami klimatycznymi i gospodarczymi.

Z perspektywy ekonomicznej wyniki sugerują, że ograniczenia finansowe stanowią istotny czynnik hamujący tempo wdrażania nowoczesnych rozwiązań energetycznych w Polsce. Wysoki poziom uzależnienia od funduszy zewnętrznych może w dłuższej perspektywie prowadzić do nierównego tempa rozwoju cyfrowej gospodarki energetycznej, w której miasta o większym doświadczeniu i potencjale administracyjnym szybciej adaptują technologie Smart Economy, natomiast mniejsze jednostki pozostają na etapie pilotaży i działań fragmentarycznych.

W miastach europejskich sytuacja jest odmienna – środki zewnętrzne są wykorzystywane głównie do finansowania innowacji o charakterze strategicznym, takich jak rozwój sieci energetycznych opartych na danych, wdrażanie systemów zarządzania energią w budynkach publicznych czy integracja OZE z miejskimi systemami zarządzania zasobami. Oznacza to, że kapitał finansowy pełni funkcję akceleratora, a nie warunku transformacji, co stanowi jeden z wyznaczników dojrzałości ekonomicznej i organizacyjnej w modelu Smart Economy.

Powyższe pozwala skonstatować, że w Polsce cyfrowa transformacja energetyczna postępuje w sposób warunkowany dostępnością środków zewnętrznych, natomiast w Europie rozwój ten jest efektem konsekwentnej strategii inwestycyjnej, w której środki finansowe są narzędziem realizacji wizji rozwoju miasta, a nie czynnikiem determinującym kierunek działań. Różnice te stanowią kluczowy element interpretacji dynamiki Smart Economy i pokazują, że zdolność finansowa miasta staje się jednym z głównych wyznaczników jego cyfrowej dojrzałości.

W końcowej części analizy w obszarze Smart Economy skoncentrowano się na strategicznym wykorzystaniu danych o energii i odpadach w miastach, co stanowi istotny wskaźnik dojrzałości cyfrowej w zarządzaniu gospodarką komunalną. Zastosowanie danych analitycznych i modeli predykcyjnych jest jednym z kluczowych elementów nowoczesnych strategii miejskich – umożliwia nie tylko optymalizację kosztów i zasobów, lecz także integrację różnych sfer zarządzania, takich jak energetyka, infrastruktura techniczna i gospodarka odpadami.

W przypadku miast polskich rozkład odpowiedzi wskazuje na dominację średniego poziomu rozwoju – w kategorii analizowania danych o zużyciu energii i ich wykorzystania w strategiach miejskich aż sześć miast znalazło się na tym poziomie, natomiast dwa miasta osiągnęły poziom zaawansowany. W odniesieniu do strategii zarządzania energią i odpadami opartych na analizie danych dominującą grupę stanowi sześć miast o średnim poziomie rozwoju, podczas gdy dwa miasta osiągnęły poziom zaawansowany. W przypadku stosowania modeli predykcyjnych w gospodarce odpadami aż siedem miast znalazło się na poziomie średnim, co potwierdza, że w Polsce analityka danych jest obecna w politykach miejskich, ale funkcjonuje głównie w formie projektowej – często w ramach programów pilotażowych lub działań wspierających modernizację infrastruktury.

Interpretacja tych wyników wskazuje, że polskie miasta znajdują się w fazie przejściowej pomiędzy wdrożeniem operacyjnym a zastosowaniem strategicznym danych. Oznacza to, że dane są gromadzone i przetwarzane, ale ich rola w procesach decyzyjnych ma wciąż charakter wspierający, a nie determinujący. W praktyce miejskiej oznacza to, że analizy danych o energii i odpadach służą przede wszystkim bieżącemu raportowaniu, monitorowaniu zużycia i optymalizacji wybranych procesów, natomiast nie stanowią jeszcze podstawy do opracowywania zintegrowanych polityk zarządzania zasobami.

W miastach europejskich obserwuje się znacznie bardziej zaawansowany poziom wykorzystania danych w zarządzaniu energetycznym i odpadowym. W kategorii analizowania danych o zużyciu energii aż pięć miast znajduje się na poziomie zaawansowanym, a cztery miasta osiągnęły pełną implementację i optymalizację tego procesu. W zakresie strategii zarządzania energią i odpadami opartych na analizie danych dominują również poziomy zaawansowany (cztery miasta) i średni (cztery miasta), co potwierdza, że w krajach europejskich dane pełnią funkcję centralnego zasobu decyzyjnego, a nie wyłącznie operacyjnego. Wykorzystanie modeli predykcyjnych w gospodarce odpadami, zidentyfikowane u sześciu miast na poziomie zaawansowanym i czterech na średnim, pokazuje, że analityka danych i sztuczna inteligencja są stosowane do prognozowania potrzeb, planowania inwestycji oraz wczesnego reagowania na nieefektywności systemowe.

Różnice te wskazują na odmienne modele zarządzania informacją. W Polsce dane są przetwarzane przede wszystkim w sektorach jednostkowych – w ramach zarządzania energią, odpadami lub mobilnością – podczas gdy w miastach europejskich funkcjonują zintegrowane

ekosystemy danych, łączące informacje z wielu źródeł, co umożliwia ich strategiczne wykorzystanie w planowaniu przestrzennym, zarządzaniu środowiskiem i rozwoju infrastruktury. Ta integracja danych jest nie tylko technologiczna, lecz także organizacyjna – opiera się na wypracowanych procedurach współpracy międzywydziałowej oraz na wysokim poziomie kompetencji analitycznych w administracji publicznej.

W kontekście strategicznym należy podkreślić, że miasta europejskie traktują dane o energii i odpadach jako aktywo zarządcze, które wspiera procesy podejmowania decyzji na poziomie długofalowym. Analiza danych umożliwia im tworzenie modeli predykcyjnych dotyczących zapotrzebowania energetycznego, efektywności recyklingu, a nawet scenariuszy rozwoju infrastruktury komunalnej. W polskich miastach dane są wykorzystywane głównie w trybie reaktywnym – służą diagnozowaniu sytuacji bieżącej, ale rzadziej stanowią podstawę do tworzenia scenariuszy prognostycznych.

Można zatem zauważyć, że luka pomiędzy Polską a Europą ma charakter kompetencyjno-systemowy, a nie wyłącznie technologiczny. Oznacza to, że o stopniu zaawansowania decyduje nie tylko dostępność narzędzi informatycznych, lecz także sposób organizacji pracy z danymi – w tym zdolność do ich analizy, interpretacji i wykorzystania w procesach zarządzania. W miastach europejskich dane są przekształcane w wiedzę strategiczną, a ta z kolei staje się podstawą do projektowania polityk miejskich. W Polsce ten proces dopiero się rozwija – wymaga nie tylko technologii, ale też odpowiednich struktur zarządzania i inwestycji w rozwój kompetencji cyfrowych.

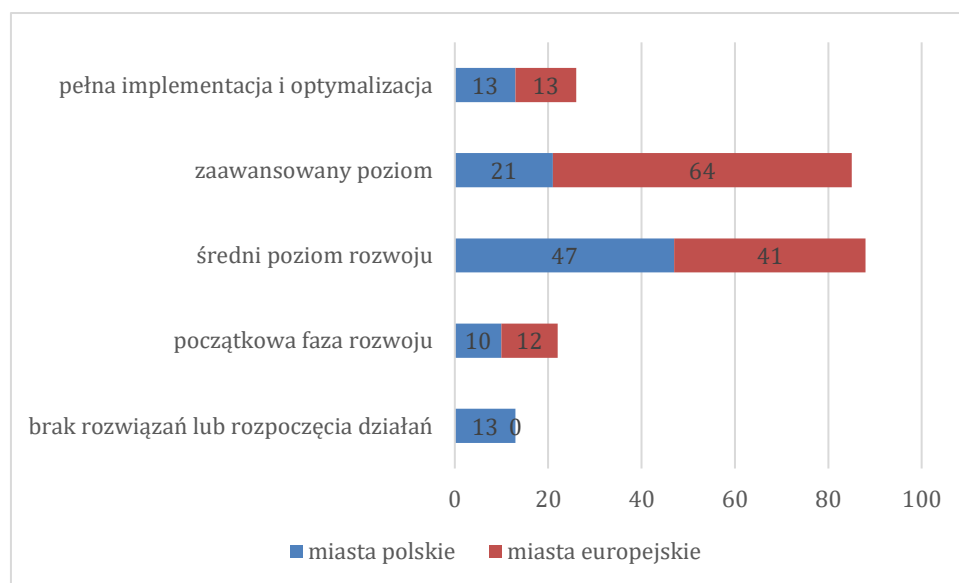
Z punktu widzenia całego wymiaru Smart Economy można zatem stwierdzić, że strategiczne wykorzystanie danych jest punktem granicznym między fazą wdrożeniową a dojrzałości cyfrowej. Miasta polskie wciąż znajdują się w fazie przejściowej – budują zdolność do przetwarzania informacji, ale jeszcze nie wykorzystują jej w pełni w planowaniu rozwoju. Z kolei miasta europejskie osiągnęły etap, w którym dane stają się podstawowym narzędziem zarządzania zrównoważonym rozwojem.

Podsumowanie wyników i rekomendacje w zakresie rozwoju cyfrowej gospodarki opartej na wiedzy

Zgromadzone dane empiryczne, mimo ograniczonej liczebności próby, pozwalają na identyfikację kluczowych tendencji w zakresie cyfrowej transformacji gospodarki miejskiej.

Wyniki należy interpretować ostrożnie – mają one charakter eksploracyjny, ukazujący jakościowe różnice w sposobach wdrażania technologii cyfrowych i danych w politykach gospodarczych, a nie stanowiący podstawy do statystycznych uogólnień dla całej populacji miast.

Analiza wyników wskazuje, że polskie miasta znajdują się w fazie dojrzałości średniego poziomu, w której rozwiązania cyfrowe są coraz częściej wdrażane, lecz wciąż mają charakter selektywny i rozproszony (rys. 30). Dotyczy to zwłaszcza obszarów zarządzania energią, gospodarki odpadami oraz wykorzystania danych w procesach strategicznych. W miastach europejskich natomiast zauważa się pełniejszą integrację narzędzi cyfrowych z politykami rozwojowymi, a technologie Industry 4.0, automatyzacja i analityka predykcyjna stały się trwałym elementem zarządzania miejską infrastrukturą gospodarczą.



Rysunek 30. Zakres wykorzystania narzędzi Industry 4.0 w obszarze smart econoy w miastach polskich i europejskich

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

W zakresie efektywności zarządzania zużyciem energii miasta polskie dominują na poziomie średniego rozwoju (pięć–sześć jednostek), co sugeruje stopniową modernizację infrastruktury technicznej, przy jednoczesnym braku kompleksowych systemów zarządzania energią w czasie rzeczywistym. Miasta europejskie z kolei osiągnęły znacznie bardziej zaawansowany poziom – większość z nich (sześć–siedem) funkcjonuje w oparciu o zintegrowane systemy monitorujące zużycie energii, co umożliwia podejmowanie decyzji w oparciu o dane i prognozy.

W obszarze wykorzystania technologii Industry 4.0 w gospodarce odpadami różnice są równie wyraźne. Polska pozostaje w fazie eksperymentalnej – dominują rozwiązania o średnim poziomie rozwoju (cztery miasta), natomiast w Europie przeważają wdrożenia zaawansowane (sześć–siedem miast). Dane te potwierdzają, że cyfrowa gospodarka odpadowa w miastach europejskich staje się elementem systemu zarządzania cyklem życia zasobów, podczas gdy w Polsce ogranicza się głównie do zastosowań logistycznych i monitorujących.

Analiza dotycząca zaangażowania mieszkańców w cyfrowe systemy gospodarki odpadami pokazuje, że miasta europejskie (pięć–sześć przypadków) skuteczniej integrują działania edukacyjne, aplikacje mobilne i systemy informacyjne w celu wspierania selektywnej zbiórki odpadów. W Polsce natomiast, mimo licznych inicjatyw edukacyjnych, rozwiązania te często pozostają rozproszone i nie tworzą spójnego ekosystemu partycypacji cyfrowej.

W zakresie finansowania transformacji energetycznej badania ujawniły, że polskie miasta są w znacznym stopniu uzależnione od źródeł zewnętrznych (pięć–sześć jednostek na poziomie średnim i zaawansowanym), co wskazuje na brak stabilnych mechanizmów wewnętrznego finansowania innowacji. W miastach europejskich sytuacja jest bardziej zrównoważona – środki zewnętrzne pełnią rolę katalizatora rozwoju, a nie jego warunku.

Najbardziej wyraźne różnice ujawniają się w zakresie strategicznego wykorzystania danych o energii i odpadach. Polska pozostaje na etapie średniego rozwoju (sześć–siedem jednostek), co potwierdza rosnące znaczenie analityki danych, lecz brak jeszcze pełnej integracji i funkcji prognostycznych. W miastach europejskich dane są aktywnie przekształcane w wiedzę strategiczną – pięć–sześć miast osiągnęło poziom zaawansowany lub pełnej implementacji, co wskazuje na dojrzały etap zarządzania oparty na danych.

Tabela 5 przedstawia syntetyczne zestawienie wyników badań w wymiarze Smart Economy, obejmujących pięć analizowanych obszarów. Dane odzwierciedlają dominujące poziomy rozwoju w grupie miast polskich i europejskich, pozwalając na porównanie stopnia cyfrowej dojrzałości gospodarki miejskiej w obu kontekstach. Wyniki mają charakter jakościowy i orientacyjny – ze względu na ograniczoną liczbę obserwacji nie stanowią one podstawy do formułowania uogólnień statystycznych.

Tabela 5. Syntetyczne zestawienie poziomu cyfrowej dojrzałości miast w wymiarze Smart Economy

Obszar badania	Polska – dominujący poziom	Europa – dominujący poziom	Charakterystyka różnicy
Efektywność zarządzania zużyciem energii	Średni	Zaawansowany	Polska – modernizacja infrastruktury bez pełnej integracji danych; Europa – systemowe zarządzanie energią w czasie rzeczywistym
Wykorzystanie technologii Industry 4.0 w gospodarce odpadami	Średni	Zaawansowany	Polska – etap pilotaży i wdrożeń fragmentarycznych; Europa – rozwiązania zintegrowane i predykcyjne
Zaangażowanie mieszkańców w cyfrowe systemy gospodarki odpadami	Średni	Zaawansowany	Polska – rozproszone inicjatywy edukacyjne; Europa – zintegrowane platformy partycypacyjne i informacyjne
Wpływ ograniczeń finansowych na rozwój energetyczny	Średni – zaawansowany	Zaawansowany	Polska – silna zależność od źródeł zewnętrznych; Europa – stabilne modele finansowania i PPP
Strategiczne wykorzystanie danych o energii i odpadach	Średni	Zaawansowany – pełna implementacja	Polska – dane wspierające decyzje operacyjne; Europa – dane jako zasób strategiczny i prognostyczny

Źródło: opracowanie własne.

Zestawione wyniki badań w obszarze Smart Economy pozwalają na sformułowanie uogólnionych wniosków dotyczących kierunków cyfrowej transformacji gospodarki miejskiej w Polsce i w Europie. W analizie uwzględniono różnice w poziomie dojrzałości rozwiązań technologicznych, sposobach integracji danych oraz charakterze współpracy międzysektorowej. Ze względu na ograniczoną liczbę przypadków oraz jakościowy charakter uzyskanych danych, wnioski te mają charakter syntetyczny i służą przede wszystkim identyfikacji kluczowych tendencji oraz luk rozwojowych, a nie formułowaniu statystycznych uogólnień.

1. Miasta polskie znajdują się w fazie konsolidacji cyfrowej transformacji gospodarki miejskiej – wdrożenia mają charakter selektywny, a nie systemowy.
2. W miastach europejskich cyfrowe narzędzia gospodarcze stanowią integralny element strategii rozwojowych, wspieranych przez stabilne modele finansowania i interoperacyjne systemy danych.
3. Kluczowym czynnikiem różnicującym pozostaje poziom integracji danych, zdolność ich wykorzystania w planowaniu strategicznym oraz dostęp do kompetencji analitycznych w administracji.

Wnioski te stanowią podsumowanie obserwowanych prawidłowości w zakresie efektywności zarządzania energią, wykorzystania technologii Industry 4.0 w gospodarce odpadami, zaangażowania społecznego, źródeł finansowania oraz wykorzystania danych w procesach strategicznych. Ich wspólnym mianownikiem jest stopniowe przechodzenie miast polskich od fazy implementacyjnej do fazy konsolidacyjnej, w której technologie cyfrowe zaczynają wspierać procesy decyzyjne i planistyczne, choć nie są jeszcze w pełni zintegrowane z politykami rozwojowymi.

Na ich podstawie można sformułować rekomendacje, które należy traktować jako orientacyjne kierunki doskonalenia polityk miejskich oraz potencjalne obszary pogłębiania współpracy między administracją, sektorem prywatnym i instytucjami naukowymi. Mają one charakter rozwojowy – opierają się na założeniu, że dalszy postęp w zakresie gospodarki cyfrowej wymaga nie tylko inwestycji w infrastrukturę technologiczną, lecz także w kompetencje analityczne, interoperacyjność danych oraz kulturę organizacyjną wspierającą innowacje. Rekomendacje te wskazują potencjalne kierunki działań na poziomie strategicznym i operacyjnym:

1. Wzmocnienie kompetencji analitycznych i strategicznych w administracji publicznej, szczególnie w zakresie wykorzystania danych dotyczących energii, odpadów i procesów gospodarczych w planowaniu rozwoju lokalnego.
2. Rozwój zintegrowanych ekosystemów danych miejskich, łączących sektory gospodarki, energetyki, środowiska i infrastruktury, co umożliwi tworzenie spójnych strategii opartych na wiedzy.
3. Wspieranie partnerstw publiczno-prywatnych (PPP) w finansowaniu inwestycji w odnawialne źródła energii, gospodarkę odpadami oraz systemy zarządzania opartymi na danych.
4. Rozszerzenie zastosowań technologii Industry 4.0 w gospodarce miejskiej – w tym automatyzacji, modelowania predykcyjnego i analityki decyzyjnej – jako narzędzi zwiększających efektywność procesów gospodarczych.
5. Aktywne włączanie mieszkańców w procesy cyfrowej gospodarki poprzez narzędzia partycypacyjne, platformy współdecydowania i działania edukacyjne, co sprzyja budowaniu zaufania i współodpowiedzialności za proces transformacji.

4.6. Smart people – kapitał ludzki i infrastruktura cyfrowa miasta

Wymiar *Smart Infrastructure* stanowi podstawę funkcjonowania koncepcji inteligentnego miasta, integrując elementy infrastruktury technicznej, cyfrowej oraz społecznej. W tym ujęciu

infrastruktura nie odnosi się wyłącznie do fizycznych systemów transportowych, energetycznych czy teleinformatycznych, lecz obejmuje również zasoby ludzkie, kompetencje cyfrowe mieszkańców i zdolność społeczności miejskich do adaptacji w warunkach dynamicznej transformacji technologicznej.

Z perspektywy Smart City 4.0 *Smart Infrastructure* to zatem zarówno sieci szerokopasmowe i systemy zarządzania danymi, jak i kapitał ludzki zdolny do efektywnego wykorzystywania tych narzędzi. Kluczowe znaczenie mają tu działania edukacyjne, rozwój kompetencji cyfrowych oraz mechanizmy włączania mieszkańców w procesy współdecydowania o rozwoju miasta. Odpowiednio rozwinięta infrastruktura cyfrowa stanowi nie tylko narzędzie techniczne, ale także przestrzeń budowania współpracy między obywatelami, administracją i sektorem prywatnym.

W wymiarze strategicznym *Smart Infrastructure* tworzy spójne zaplecze dla pozostałych obszarów koncepcji smart city – umożliwia efektywne zarządzanie mobilnością, środowiskiem, gospodarką czy jakością życia. Miasta, które inwestują w ten obszar w sposób kompleksowy, wzmacniają nie tylko swoją odporność technologiczną, lecz także zdolność do długofalowego rozwoju opartego na wiedzy, danych i aktywnym zaangażowaniu mieszkańców.

Podobnie jak w pozostałych analizowanych wymiarach, odpowiedzi w obszarze Smart People zostały udzielone w oparciu o zestandaryzowany kwestionariusz, obejmujący serię szczegółowych stwierdzeń odnoszących się do praktyk i rozwiązań wdrażanych w miastach. Respondenci – przedstawiciele władz samorządowych – oceniali stopień zaawansowania poszczególnych działań, podobnie, jak w poprzednich obszarach w pięciostopniowej skali. Pozwoliło to uchwycić zarówno poziom rozwoju infrastruktury technicznej oraz cyfrowej, jak i dojrzałość organizacyjną i społeczną miast w zakresie transformacji cyfrowej.

W ramach wymiaru Smart People kluczowe wydaje się zagadnienie dotyczące zaangażowania miast w rozwój kompetencji cyfrowych mieszkańców oraz wspierania edukacji technologicznej i innowacji społecznych. W analizie uwzględniono trzy kluczowe obszary: inwestowanie w rozwój kompetencji cyfrowych, wspieranie edukacji w zakresie nowych technologii oraz prowadzenie działań podnoszących świadomość społeczną w zakresie inteligentnych rozwiązań miejskich. Dane z badań pokazują wyraźne różnice w poziomie zaawansowania między miastami polskimi a europejskimi, co pozwala określić kierunki rozwoju kompetencyjnego w kontekście implementacji idei Smart City 4.0.

Wśród miast polskich dominującym poziomem rozwoju w każdym z analizowanych aspektów jest poziom średni. Wskazuje to na etap konsolidowania podstawowych działań edukacyjnych i informacyjnych. W przypadku stwierdzenia „inwestuje w rozwój kompetencji cyfrowych mieszkańców (szkolenia, programy edukacyjne)” najwięcej wskazań (4) dotyczyło średniego poziomu rozwoju, natomiast 3 miasta osiągnęły poziom zaawansowany, a 1 znalazło się na etapie początkowym. Oznacza to, że choć rośnie liczba inicjatyw edukacyjnych, mają one głównie charakter projektowy, a nie systemowy. Podobny rozkład odpowiedzi odnotowano dla stwierdzenia „wspiera edukację w zakresie nowych technologii i innowacji społecznych” – 2 miasta uzyskały poziom średni, 3 zaawansowany, przy braku pełnej implementacji. Świadczy to o stopniowym, lecz nierównomiernym rozwoju tego typu działań w polskich miastach. Najwyższy poziom aktywności dotyczy stwierdzenia „prowadzi działania podnoszące świadomość mieszkańców na temat inteligentnych rozwiązań miejskich”, dla którego 6 miast znalazło się na poziomie średnim, a 1 na poziomie zaawansowanym. Wyniki te pokazują, że samorządy częściej koncentrują się na kampaniach informacyjnych i działaniach promujących ideę smart city niż na długofalowych programach rozwoju kompetencji cyfrowych.

W przypadku miast europejskich rozkład odpowiedzi wskazuje na znacznie wyższy poziom dojrzałości w obszarze edukacji cyfrowej i rozwoju kompetencji mieszkańców. Dla stwierdzenia „inwestuje w rozwój kompetencji cyfrowych mieszkańców” odnotowano 3 miasta na poziomie zaawansowanym i aż 5 na poziomie pełnej implementacji. W odniesieniu do „wspierania edukacji w zakresie nowych technologii i innowacji społecznych” 4 miasta osiągnęły poziom zaawansowany, a 5 pełną implementację, co świadczy o szerokim włączeniu działań edukacyjnych w polityki miejskie i strategię rozwoju kapitału ludzkiego. Również w zakresie „podnoszenia świadomości mieszkańców na temat inteligentnych rozwiązań” obserwuje się wysokie wyniki – 3 miasta na poziomie zaawansowanym i 2 na poziomie pełnej implementacji, przy braku odpowiedzi w kategoriach niższych. Oznacza to, że europejskie miasta traktują edukację cyfrową i innowacyjną jako trwały element strategii rozwoju, a nie jednorazowe przedsięwzięcie.

Interpretacja porównawcza ukazuje wyraźny rozdźwięk między poziomem rozwoju edukacji cyfrowej w Polsce i w miastach europejskich. O ile w Polsce działania te mają charakter selektywny i wciąż pozostają w sferze projektowej, o tyle w Europie przyjęły formę systemową, zintegrowaną z lokalnymi strategiami innowacji oraz z politykami edukacyjnymi. W wielu przypadkach są one elementem długofalowych programów rozwoju kompetencji przyszłości,

realizowanych w partnerstwie z instytucjami edukacyjnymi i sektorem prywatnym. W polskich miastach zauważalna jest natomiast koncentracja na budowaniu świadomości i promowaniu idei smart city, co można interpretować jako etap przygotowawczy do pełnej transformacji edukacyjnej.

Wyniki te wskazują na różne fazy dojrzewania kompetencyjnego w obrębie koncepcji Smart City. W Polsce rozwój kapitału ludzkiego w obszarze cyfrowym stanowi element kształtowania świadomości i przygotowania społecznego do transformacji technologicznej, natomiast w miastach europejskich — integralny komponent ich strategii rozwojowych. Oznacza to, że polskie samorządy koncentrują się jeszcze na budowie podstawowego zaplecza kompetencyjnego i kulturowego, podczas gdy miasta zachodnioeuropejskie wchodzą w etap jego konsolidacji i wykorzystania w procesach innowacyjnych. Tym samym można przyjąć, że rozwój kompetencji cyfrowych w Polsce znajduje się na etapie przejściowym między edukacją informacyjną a edukacją transformacyjną, której celem jest aktywne uczestnictwo mieszkańców w projektowaniu rozwiązań miejskich opartych na danych i technologii.

W dalszej części uwagę skierowano na zagadnienie rzeczywistego zaangażowania mieszkańców w procesy współtworzenia rozwiązań cyfrowych i współdecydowania o kierunkach rozwoju miasta. To właśnie partycypacja obywateli — rozumiana jako włączanie społeczności w planowanie, konsultowanie i wdrażanie projektów opartych na danych — stanowi kluczowy miernik dojrzałości koncepcji Smart People. W miastach inteligentnych poziom współodpowiedzialności mieszkańców za kształt przestrzeni miejskiej i rozwój usług cyfrowych staje się nie tylko wyrazem nowoczesnego zarządzania, ale także czynnikiem wzmacniającym kapitał społeczny i innowacyjność.

Uzyskane wyniki wskazują, że w przypadku miast polskich zaangażowanie mieszkańców w procesy współtworzenia rozwiązań cyfrowych znajduje się na etapie stopniowego rozwoju, z wyraźną przewagą podejść o charakterze projektowym nad systemowym. Dla stwierdzenia, że miasto angażuje mieszkańców w procesy współtworzenia i konsultacji rozwiązań cyfrowych, pięć samorządów wskazało poziom średni, dwa miasta — poziom zaawansowany, a jedno — fazę początkową. Oznacza to, że działania partycypacyjne są realizowane, ale mają ograniczony charakter — zwykle towarzyszą wdrażaniu wybranych projektów smart city, zamiast stanowić trwały mechanizm współpracy z obywatelami. Zbliżoną strukturę odpowiedzi odnotowano dla stwierdzenia, że miasto rozwija platformy umożliwiające mieszkańcom

zgłaszanie inicjatyw i potrzeb lokalnych. Tutaj również pięć miast zadeklarowało średni poziom rozwoju, dwa – zaawansowany, a jedno osiągnęło pełną implementację, co wskazuje na powolny, ale konsekwentny rozwój narzędzi cyfrowych wspierających dialog społeczny. Warto zauważyć, że nieco wyższe wyniki uzyskano w odniesieniu do promowania postaw innowacyjnych i przedsiębiorczych wśród mieszkańców (np. hackathony, inkubatory) – po dwa miasta wskazały poziom zaawansowany i pełnej implementacji, co może świadczyć o rosnącej popularności oddolnych inicjatyw wspierających kreatywność i aktywność mieszkańców.

Zebrane dane potwierdzają, że polskie samorządy coraz częściej dostrzegają znaczenie współdecydowania obywateli o kierunkach cyfrowego rozwoju miasta, lecz wciąż dominują działania o charakterze inicjatywnym i promocyjnym, a nie strukturalnym. Oznacza to, że uczestnictwo mieszkańców w projektach miejskich ma raczej charakter doraźny i jest zależne od zewnętrznych impulsów (np. grantów lub programów pilotażowych), niż od trwałych ram instytucjonalnych. W efekcie polskie miasta pozostają na etapie, w którym partycypacja cyfrowa pełni funkcję edukacyjną i wizerunkową, przygotowując grunt pod bardziej złożone modele współzarządzania.

Z kolei w miastach europejskich obserwuje się wyraźnie bardziej zaawansowany poziom rozwoju mechanizmów współtworzenia. Dla stwierdzenia o angażowaniu mieszkańców w procesy konsultacyjne cztery miasta wskazały poziom zaawansowany, a pięć pełną implementację. Oznacza to, że w większości przypadków cyfrowe kanały współpracy funkcjonują w sposób trwały i zinstytucjonalizowany — jako element zintegrowanych systemów zarządzania miejskiego. Podobny poziom rozwoju zanotowano w zakresie platform do zgłaszania inicjatyw lokalnych (cztery miasta na poziomie zaawansowanym i dwa z pełną implementacją), co wskazuje, że partycypacja obywatelska stanowi nieodłączny element strategii rozwoju smart city. Równie wysokie wyniki dotyczą promowania postaw innowacyjnych i przedsiębiorczych – trzy miasta osiągnęły poziom zaawansowany, a cztery pełną implementację, co potwierdza istnienie kultury innowacji społecznych, w której administracja i obywatele współpracują przy generowaniu rozwiązań.

Z porównania wyników obu grup wynika, że polskie i europejskie miasta funkcjonują w odmiennych modelach relacji między administracją a mieszkańcami. W Polsce dominuje podejście konsultacyjne, w którym władze miejskie zapraszają obywateli do udziału w wybranych inicjatywach, lecz nie zapewniają trwałych struktur współpracy. W miastach europejskich

natomiast obserwuje się model kooperacyjny, oparty na instytucjonalizacji partycypacji cyfrowej — procesy współdecydowania są zintegrowane z systemami analizy danych i planowania strategicznego. Obywatele stają się tam realnymi partnerami w projektowaniu usług publicznych, a miasta traktują ich zaangażowanie jako kluczowe źródło innowacji społecznej.

W kontekście koncepcji dojrzałości relacyjnej smart city, można zatem stwierdzić, że polskie miasta znajdują się w fazie przejściowej między budowaniem świadomości społecznej a rozwijaniem stabilnych form współzarządzania. Z kolei miasta europejskie osiągnęły etap, w którym partycypacja cyfrowa przekształciła się w trwały element kultury organizacyjnej miasta, wspierający procesy decyzyjne, transparentność i rozwój gospodarki opartej na wiedzy. Wyniki te wskazują, że kierunkiem dalszego rozwoju polskich miast powinno być nie tylko tworzenie narzędzi cyfrowych, ale przede wszystkim budowanie zaufania i kompetencji społecznych pozwalających na realne współdecydowanie w ramach miejskich ekosystemów innowacji.

Kolejny obszar analizy w ramach wymiaru Smart People dotyczył równości dostępu do technologii cyfrowych oraz wykorzystania danych społecznych w projektowaniu i realizacji polityk publicznych. Celem tego zagadnienia było określenie, w jakim stopniu miasta dążą do zapewnienia inkluzywności cyfrowej, promowania równości szans w społeczeństwie informacyjnym oraz wykorzystywania danych pochodzących z aplikacji i systemów cyfrowych do lepszego zrozumienia potrzeb mieszkańców i kształtowania usług publicznych.

Wyniki uzyskane dla miast polskich wskazują, że w większości przypadków badane ośrodki znajdują się w fazie średniego poziomu rozwoju w zakresie analizowanych aspektów. Dla stwierdzenia dotyczącego równego dostępu do narzędzi i wiedzy cyfrowej trzy miasta zadeklarowały poziom średni, trzy osiągnęły poziom zaawansowany, a jedną pełną implementację. Wyniki te świadczą o tym, że kwestie inkluzywności cyfrowej zaczynają być dostrzegane w politykach miejskich, jednak ich realizacja wciąż ma charakter częściowy i projektowy. W praktyce oznacza to, że działania na rzecz równości cyfrowej są realizowane głównie w formie inicjatyw edukacyjnych, kampanii informacyjnych czy lokalnych programów aktywizacji, a nie w ramach trwałych strategii miejskich.

W przypadku wykorzystania danych z aplikacji i narzędzi cyfrowych do lepszego zrozumienia potrzeb mieszkańców, cztery miasta znalazły się na poziomie średnim, dwa na poziomie zaawansowanym, a jedno osiągnęło pełną implementację. Oznacza to, że chociaż dane pochodzące z systemów cyfrowych zaczynają być włączane do analiz miejskich, ich rola pozostaje

ograniczona, a procesy decyzyjne wciąż w dużej mierze opierają się na tradycyjnych źródłach informacji. Jeszcze bardziej zbliżone wyniki dotyczą analizy danych społecznych w procesie projektowania polityk publicznych – trzy miasta znalazły się na poziomie średnim, trzy na zaawansowanym, a jedno na etapie pełnej implementacji. Dane te potwierdzają, że miasta polskie wciąż budują zdolność do systemowego wykorzystania danych jakościowych i ilościowych w zarządzaniu, a ich rola ma obecnie głównie charakter wspierający, a nie decyzyjny.

W odniesieniu do współpracy z uczelniami i instytucjami naukowymi w zakresie rozwoju innowacyjnych kompetencji, wśród polskich miast cztery osiągnęły poziom średni, jedno poziom zaawansowany, a jedno pełną implementację. Dane te sugerują, że współpraca pomiędzy administracją a sektorem nauki jest rozpoznawana jako istotny element budowania kapitału wiedzy, jednak ma ona charakter incydentalny i często ogranicza się do udziału w projektach finansowanych ze środków zewnętrznych, bez trwałego włączenia w miejskie struktury zarządzania wiedzą.

Zebrane wyniki jednoznacznie wskazują, że polskie miasta podejmują działania w kierunku budowy społeczeństwa cyfrowo inkluzywnego, lecz skala tych działań jest ograniczona, a ich charakter w dużej mierze eksperymentalny. Proces cyfryzacji postrzegany jest głównie przez pryzmat rozwoju technologii i infrastruktury, natomiast kwestie równości dostępu, integracji społecznej i wykorzystania danych w politykach publicznych pozostają w fazie rozwojowej. Oznacza to, że choć miasta rozumieją znaczenie danych i kompetencji cyfrowych w nowoczesnym zarządzaniu, ich praktyczne zastosowanie wciąż napotyka bariery instytucjonalne i kompetencyjne.

Zupełnie inny obraz wyłania się z analizy wyników uzyskanych dla miast europejskich, które wykazują znacznie wyższy stopień dojrzałości w omawianym obszarze. Dla równego dostępu do narzędzi cyfrowych cztery miasta osiągnęły poziom zaawansowany, a żadne nie znalazło się w fazie początkowej lub braku rozwiązań. W zakresie wykorzystania danych cyfrowych do zrozumienia potrzeb mieszkańców pięć miast znajduje się na poziomie zaawansowanym, a trzy osiągnęły pełną implementację. Równie wysokie wskaźniki odnotowano w odniesieniu do analizy danych społecznych – cztery miasta działają na poziomie zaawansowanym, a cztery w pełni zintegrowały te działania z politykami publicznymi.

Współpraca miast europejskich z uczelniami i instytucjami naukowymi również osiągnęła wysoki poziom rozwoju – cztery miasta zadeklarowały poziom zaawansowany, a cztery pełną

implementację. Dane te potwierdzają, że w Europie współpraca między sektorem nauki, administracją i społeczeństwem obywatelskim jest systemowo umocowana i stanowi ważny element rozwoju kompetencji cyfrowych oraz zarządzania wiedzą w miastach.

Można zauważyć, że miasta europejskie funkcjonują w modelu strategicznie zintegrowanym, w którym inkluzywność cyfrowa i wykorzystanie danych społecznych są traktowane jako fundament polityk miejskich. W przeciwieństwie do polskich ośrodków, które znajdują się na etapie wczesnej konsolidacji działań, europejskie miasta wdrożyły mechanizmy oparte na koncepcji data-driven governance, w której dane pełnią kluczową rolę w planowaniu, monitorowaniu i ewaluacji działań publicznych.

Z naukowego punktu widzenia wyniki te potwierdzają, że polskie miasta dopiero budują kulturę analityczną i inkluzywną w zarządzaniu cyfrowym, podczas gdy w miastach europejskich jest ona już elementem trwałej struktury zarządzania wiedzą. Aby osiągnąć podobny poziom dojrzałości, konieczne będzie przesunięcie akcentu z rozwoju technologii na rozwój kompetencji społecznych i analitycznych oraz stworzenie mechanizmów integrujących dane z procesami decyzyjnymi. W perspektywie rozwojowej dalsze postępy w tym obszarze zależą od zdolności polskich samorządów do budowania partnerstw wiedzy, rozwoju kompetencji cyfrowych i promowania aktywnego uczestnictwa mieszkańców w kształtowaniu polityk miejskich.

Ostatni analizowany obszar w ramach wymiaru Smart People dotyczył aktywnego zaangażowania mieszkańców w procesy cyfryzacji miast oraz działań podejmowanych przez samorządy w celu wspierania tej aktywności. Pytanie to miało na celu określenie, w jakim stopniu władze lokalne tworzą i utrzymują mechanizmy umożliwiające współuczestnictwo obywateli w projektach inteligentnego miasta, a także czy ich uczestnictwo jest systematycznie monitorowane i analizowane.

Wyniki uzyskane dla miast polskich wskazują, że w badanym obszarze dominują rozwiązania o charakterze rozwojowym, a jedynie nieliczne ośrodki osiągnęły poziom dojrzałości systemowej. W odniesieniu do monitorowania poziomu zaangażowania mieszkańców w inicjatywy miejskie związane z cyfryzacją, cztery miasta znalazły się na średnim poziomie rozwoju, jedno osiągnęło poziom zaawansowany, a trzy miasta pozostają w początkowej fazie rozwoju. Dodatkowo w dwóch przypadkach wskazano na brak działań lub ich rozpoczęcia, co oznacza, że niemal połowa badanych samorządów nie posiada jeszcze narzędzi do bieżącej obserwacji aktywności obywatelskiej w kontekście cyfrowych inicjatyw. Dane te potwierdzają, że

monitorowanie partycypacji cyfrowej nie stanowi w Polsce standardowego elementu zarządzania miejskiego.

W przypadku pytania dotyczącego wdrażania mechanizmów zachęcających mieszkańców do udziału w projektach inteligentnego miasta, sytuacja przedstawia się nieco korzystniej. Pięć miast znajduje się na średnim poziomie zaawansowania, dwa osiągnęły poziom zaawansowany, natomiast jedno wskazało na początkową fazę rozwoju. W żadnym z przypadków nie odnotowano pełnej implementacji, co świadczy o tym, że działania zachęcające mają w większości charakter eksperymentalny lub ograniczony do pojedynczych projektów. Oznacza to, że w Polsce rozwój partycypacji cyfrowej przebiega w sposób nierównomierny – poszczególne miasta testują rozwiązania promujące zaangażowanie społeczne, jednak nie są one jeszcze osadzone w trwałych ramach polityk publicznych.

Interpretując te dane, można zauważyć, że w polskich miastach partycypacja cyfrowa mieszkańców ma przede wszystkim charakter incydentalny. Władze lokalne skupiają się na działaniach informacyjnych i edukacyjnych, natomiast proces współdecydowania o kształcie cyfrowych usług miejskich wciąż znajduje się we wczesnej fazie rozwoju. Z perspektywy badawczej wyniki te dowodzą, że miasta dopiero kształtują kulturę uczestnictwa opartego na danych i technologii, a wdrożone rozwiązania mają charakter punktowy, nieskoordynowany.

Zupełnie inny obraz wyłania się z analizy wyników dla miast europejskich, które osiągnęły znacznie wyższy poziom zaawansowania w badanym obszarze. W przypadku monitorowania zaangażowania mieszkańców, siedem miast wskazało średni poziom rozwoju, jedno osiągnęło poziom zaawansowany, a jedno – pełną implementację i optymalizację. Wyniki te potwierdzają, że w wielu europejskich miastach partycypacja obywateli w projektach cyfrowych jest już procesem systematycznym, opartym na danych zbieranych z aplikacji miejskich, platform komunikacyjnych czy systemów ewaluacji projektów.

Analogicznie, w zakresie wdrażania mechanizmów zachęcających do udziału w projektach inteligentnego miasta, pięć miast europejskich osiągnęło poziom zaawansowany, dwa znajdują się na etapie pełnej implementacji, a trzy na poziomie średnim. Dane te jednoznacznie wskazują, że zachęcanie mieszkańców do aktywnego udziału w transformacji cyfrowej jest w Europie integralną częścią polityk miejskich. Mechanizmy te często przybierają postać długofalowych programów współpracy, konsultacji społecznych czy konkursów innowacyjnych (np. miejskich hackathonów), a ich rezultaty są regularnie monitorowane i publikowane.

Zestawienie wyników dla miast polskich i europejskich pokazuje wyraźną różnicę w stopniu instytucjonalizacji partycypacji cyfrowej. Podczas gdy polskie samorządy koncentrują się głównie na komunikacji i edukacji mieszkańców, europejskie miasta wdrażają zintegrowane modele zarządzania partycypacją, w których dane o aktywności społecznej stanowią ważny element planowania strategicznego. W miastach europejskich uczestnictwo obywateli jest traktowane jako mierzalny wskaźnik rozwoju cyfrowego i społecznego, podczas gdy w Polsce pozostaje ono w dużej mierze elementem deklaracyjnym.

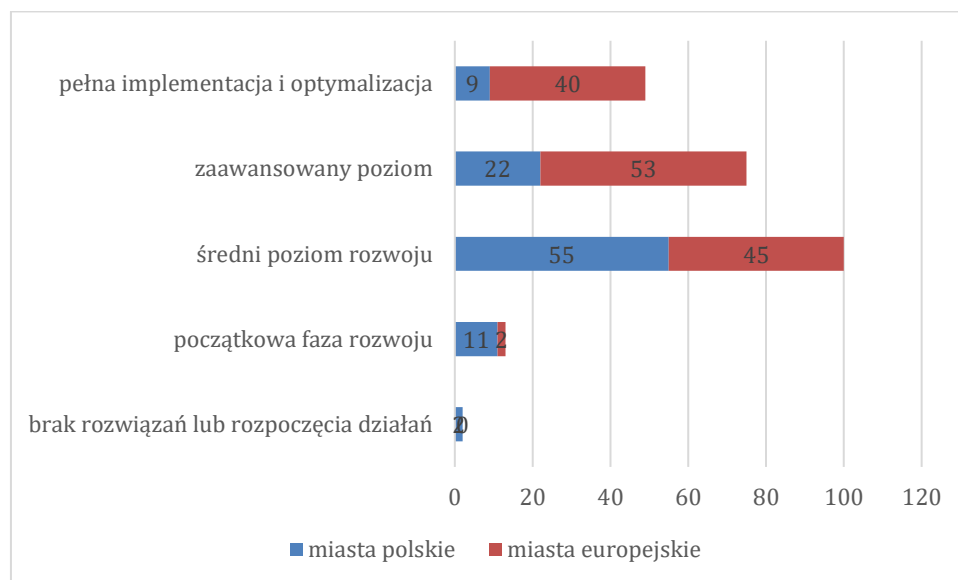
W szerszym ujęciu, można stwierdzić, że polskie miasta dopiero przechodzą od etapu partycypacji reaktywnej – opartej na udziale w wybranych inicjatywach – do partycypacji proaktywnej, w której mieszkańcy współtworzą cyfrowe rozwiązania miejskie i mają realny wpływ na kierunki rozwoju technologicznego. Wymaga to jednak nie tylko rozbudowy narzędzi cyfrowych, lecz także wzmocnienia zaufania instytucjonalnego oraz stworzenia kultury współodpowiedzialności za procesy transformacji. Z kolei w miastach europejskich ta faza została już w dużej mierze osiągnięta – zaangażowanie mieszkańców stanowi tam trwały element modelu data-driven governance, a współuczestnictwo w projektach smart city jest postrzegane jako podstawowa forma innowacji społecznej.

Podsumowanie wyników i rekomendacje w zakresie rozwoju kompetencji i partycypacji cyfrowej

Analiza wymiaru Smart People pozwala uchwycić stopień zaawansowania miast w budowie społeczeństwa informacyjnego, rozwijaniu kompetencji cyfrowych oraz włączaniu mieszkańców w procesy współtworzenia polityk miejskich. Ocenie poddano zarówno aspekty infrastrukturalne, jak i społeczne — od edukacji i partycypacji po wykorzystanie danych społecznych w projektowaniu usług publicznych. Wyniki badań wskazują, że polskie miasta pozostają na etapie konsolidacji działań w obszarze społeczeństwa cyfrowego, podczas gdy miasta europejskie w znacznej części osiągnęły już fazy zaawansowane i pełnej implementacji (rys. 31).

W polskich miastach obserwuje się stopniowe przechodzenie od rozproszonych inicjatyw edukacyjnych i projektowych do bardziej systemowych działań obejmujących kompetencje cyfrowe i współpracę z sektorem nauki. Dominująca jest faza średniego poziomu rozwoju, co oznacza, że rozwiązania cyfrowe są wdrażane, lecz nie w pełni integrowane z miejskimi strategiami zarządzania. W odniesieniu do równości dostępu do technologii, wykorzystania danych

społecznych czy współpracy z uczelniami, najczęściej deklarowany poziom zaawansowania wynosił trzy do czterech miast w kategorii średniej oraz pojedyncze przypadki pełnej implementacji.



Rysunek 31. Zakres wykorzystania narzędzi ICT w obszarze smart people w miastach polskich i europejskich

Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.

Wyniki te wskazują, że polskie samorządy postrzegają cyfryzację przede wszystkim w wymiarze technologicznym, koncentrując się na rozwoju narzędzi i infrastruktury, przy czym aspekt społeczny — obejmujący równość, inkluzywność i aktywność mieszkańców — dopiero zyskuje na znaczeniu. Dane społeczne są coraz częściej analizowane, ale wciąż w ograniczonym zakresie wykorzystywane w procesach decyzyjnych. Współpraca z instytucjami naukowymi ma charakter projektowy, a nie systemowy, co utrudnia budowę trwałych struktur wymiany wiedzy i rozwoju kompetencji.

Z kolei miasta europejskie osiągnęły znacznie wyższy poziom integracji działań w analizowanych obszarach. W niemal wszystkich przypadkach przeważały wskazania poziomu zaawansowanego lub pełnej implementacji, szczególnie w zakresie analizy danych społecznych, współpracy z uczelniami oraz promowania równego dostępu do technologii. Wysokie wyniki w tych kategoriach potwierdzają istnienie dojrzałych struktur zarządzania wiedzą i danymi, w których decyzje publiczne podejmowane są w oparciu o analizy behawioralne i społeczne.

Różnice te ujawniają dwa modele rozwoju koncepcji Smart People: (1) technologiczno-edukacyjny, charakterystyczny dla polskich miast, gdzie działania skupiają się na podnoszeniu kompetencji cyfrowych i świadomości oraz (2) społeczno-analityczny, dominujący w miastach europejskich, w których dane społeczne, partycypacja i współpraca międzysektorowa stanowią trwałe elementy zarządzania miejskiego.

Mając powyższe na uwadze można stwierdzić, że polskie miasta znajdują się obecnie w fazie przejściowej – od wdrożeń o charakterze technologicznym do modeli zarządzania opartego na wiedzy i danych. Kierunek zmian jest zbieżny z europejskimi trendami, jednak tempo wdrażania i poziom instytucjonalizacji są zróżnicowane.

Tabela 6 syntetyzuje uzyskane wyniki w zakresie wymiaru *Smart People*, przedstawiając poziomy rozwoju badanych miast w odniesieniu do kluczowych aspektów tego obszaru. Dane liczbowe stanowią podsumowanie wyników ankietowych, przy czym ze względu na ograniczoną próbę nie mogą być traktowane jako podstawy do uogólnień, lecz jako materiał diagnostyczny ukazujący kierunki rozwoju miast w obszarze społeczeństwa cyfrowego.

Tabela 6. Syntetyczne zestawienie poziomu cyfrowej dojrzałości miast w wymiarze Smart People

Obszar badania	Polska – dominujący poziom	Europa – dominujący poziom	Charakterystyka różnicy
Równość dostępu do technologii i wiedzy cyfrowej	Średni	Zaawansowany	Polska – działania projektowe o ograniczonym zasięgu; Europa – systemowe programy inkluzywności cyfrowej
Wykorzystanie danych z aplikacji i narzędzi cyfrowych do rozumienia potrzeb mieszkańców	Średni	Zaawansowany – pełna implementacja	Polska – dane o charakterze informacyjnym; Europa – dane jako podstawa planowania usług publicznych
Analiza danych społecznych w projektowaniu polityk publicznych	Średni – zaawansowany	Zaawansowany – pełna implementacja	Polska – dane wspierają diagnozę, lecz nie decyzje; Europa – pełna integracja analityki społecznej z governance
Współpraca z uczelniami i instytucjami naukowymi w rozwoju kompetencji innowacyjnych	Średni	Zaawansowany – pełna implementacja	Polska – współpraca incydentalna, głównie projektowa; Europa – trwałe struktury partnerstw wiedzy
Rozwój kompetencji miękkich i edukacji cyfrowej	Średni	Zaawansowany	Polska – inicjatywy edukacyjne o ograniczonym zasięgu; Europa – programy rozwoju kompetencji obywatelskich i cyfrowych

Zaangażowanie mieszkańców w procesy współtworzenia i konsultacji rozwiązań cyfrowych	Średni	Zaawansowany	Polska – niska partycypacja i rozproszone inicjatywy; Europa – zintegrowane platformy współuczestnictwa
--	--------	--------------	---

Źródło: opracowanie własne.

Zestawione wyniki badań w obszarze Smart People umożliwiają sformułowanie syntetycznych wniosków dotyczących poziomu dojrzałości społeczno-cyfrowej miast w Polsce i w Europie. Analiza obejmuje różnice w zakresie edukacji cyfrowej, inkluzji społecznej, współpracy z sektorem nauki oraz wykorzystania danych w procesach decyzyjnych. Ze względu na ograniczoną liczebność próby oraz jakościowy charakter uzyskanych wyników, przedstawione wnioski mają charakter orientacyjny i nie mogą być traktowane jako uogólnienia statystyczne. Ich celem jest przede wszystkim identyfikacja głównych kierunków rozwoju, barier wdrożeniowych oraz potencjalnych obszarów doskonalenia polityk miejskich w kontekście cyfrowej transformacji społeczeństw.

1. Polskie miasta w większości znajdują się na średnim poziomie dojrzałości cyfrowej w obszarze *Smart People*, co wskazuje na trwający proces konsolidacji działań w zakresie edukacji, partycypacji i wykorzystania danych społecznych.
2. W miastach europejskich obserwuje się znacznie wyższy poziom integracji technologicznej i społecznej, co przejawia się w systemowym wykorzystaniu danych, długofalowej współpracy z uczelniami oraz rozwiniętych mechanizmach cyfrowej inkluzji.
3. Polska znajduje się w fazie rozwoju inicjatyw edukacyjnych i kompetencyjnych, lecz działania te mają głównie charakter projektowy, co ogranicza ich trwałość i wpływ na polityki miejskie.
4. Współpraca miast z sektorem nauki w Polsce ma charakter punktowy i zależy od dostępnych projektów lub programów finansowania, podczas gdy w miastach europejskich jest elementem trwałego ekosystemu zarządzania wiedzą.
5. W zakresie cyfrowej partycypacji mieszkańców polskie miasta dopiero rozwijają narzędzia angażujące społeczność w procesy współtworzenia i konsultacji rozwiązań miejskich; w miastach europejskich są one już zintegrowane z systemami zarządzania.
6. W obu grupach miast widoczne jest rosnące znaczenie kompetencji miękkich i edukacji cyfrowej jako fundamentu budowania społeczeństwa informacyjnego, jednak tempo i stopień instytucjonalizacji tych działań pozostają zróżnicowane

Na podstawie uzyskanych wyników można sformułować kilka rekomendacji o charakterze rozwojowym, które wskazują potencjalne kierunki doskonalenia polityk miejskich. Z uwagi na ograniczoną liczebność próby badawczej, rekomendacje te mają charakter orientacyjny i powinny być traktowane jako propozycje dalszego pogłębiania działań oraz współpracy międzysektorowej:

1. Wzmocnienie komponentu społecznego w procesie cyfryzacji miast – działania z zakresu *Smart People* powinny równoważyć rozwój technologii z inwestycjami w kompetencje społeczne, edukację cyfrową i włączanie obywateli w procesy współdecydowania.
2. Budowanie kultury analitycznej w samorządach – niezbędne jest tworzenie struktur pozwalających na systemowe wykorzystanie danych społecznych w projektowaniu usług i polityk publicznych.
3. Rozwijanie partnerstw wiedzy – współpraca z uczelniami i instytucjami badawczymi powinna stać się elementem długofalowej strategii, a nie doraźnych projektów.
4. Zwiększenie interoperacyjności danych miejskich – integracja danych pochodzących z różnych źródeł (administracyjnych, aplikacyjnych, społecznych) może znacząco podnieść efektywność procesów decyzyjnych.
5. Promowanie równości cyfrowej i inkluzywności – konieczne jest zapewnienie równych szans w dostępie do narzędzi i wiedzy cyfrowej dla wszystkich grup społecznych, szczególnie tych zagrożonych wykluczeniem.
6. Rozwijanie kompetencji miękkich związanych z życiem w społeczeństwie cyfrowym – budowanie postaw otwartości na innowacje i współpracę jest równie istotne jak rozwój infrastruktury technicznej.

5. Miasta w drodze do inteligentnej przyszłości – wnioski z wywiadów pogłębianych

Interpretacja wyników wywiadów zogniskowanych stanowi istotną część analizy jakościowej, pozwalającą uchwycić perspektywę przedstawicieli samorządów w zakresie wdrażania koncepcji smart city. W niniejszym punkcie przedstawiono syntetyczne omówienie głównych wniosków i obserwacji, które pojawiły się podczas dyskusji z przedstawicielami samorządów terytorialnych, ze szczególnym uwzględnieniem obszarów mobilności, środowiska, gospodarki, kapitału ludzkiego, zarządzania i jakości życia. Szczegółowy raport z wywiadów, zawierający transkrypcje i usystematyzowane wnioski z dyskusji, stanowi odrębny dokument i jest komplementarny wobec niniejszej interpretacji.

Analiza jakościowa, zrealizowana w formie wywiadów zogniskowanych z przedstawicielami samorządów sześciu polskich miast – Warszawy, Lublina, Rzeszowa, Kielc, Krakowa i Gdańska – odsłania wielowymiarowy obraz wdrażania koncepcji smart city w Polsce. Wyniki rozmów ukazują zarówno wspólne wzorce i powtarzalne trendy, jak i specyficzne dla poszczególnych ośrodków uwarunkowania, determinujące tempo oraz kierunki transformacji cyfrowej. Niniejsze podsumowanie, oparte na szczegółowym raporcie z badań, nie tylko syntetyzuje najważniejsze wnioski, lecz także interpretuje je w perspektywie strategicznej, uwzględniając sposób, w jaki badane miasta definiują ideę smart city, budują modele zarządzania, mierzą postępy oraz identyfikują bariery utrudniające wdrażanie rozwiązań inteligentnych.

W tabeli 7 przedstawiono zestawienie syntetyzujące kluczowe wnioski z wywiadów zogniskowanych, porządkujące informacje dotyczące modeli zarządzania, wykorzystania danych i technologii, głównych barier rozwojowych, działań edukacyjnych oraz planowanych kierunków transformacji w sześciu badanych miastach. Tabelaryczne ujęcie ułatwia dostrzeżenie podobieństw i różnic pomiędzy ośrodkami oraz stanowi punkt odniesienia dla dalszej, pogłębionej analizy. Zarysowana w tabeli struktura wyraźnie pokazuje, że miasta różnią się nie tyle poziomem podstawowej cyfryzacji, ile tempem integracji systemów, zakresem wykorzystania danych oraz stopniem zaawansowania rozwiązań organizacyjnych. Warszawa koncentruje się na integracji usług cyfrowych i rozwoju narzędzi analitycznych, Lublin rozwija szeroko rozumianą cyfryzację urzędu i jednostek wraz z zaawansowanymi systemami zarządzania ruchem, Rzeszów testuje innowacje w modelu pilotażowym poprzez Urban Lab, a Kielce porządkują fundamenty danych i wzmacniają koordynację działań. Kraków rozwija zaawansowaną analitykę danych, digital twin oraz integrację licznych systemów miejskich, natomiast Gdańsk koncentruje się na konsolidacji cyfrowych usług publicznych, integracji danych środowiskowych i zaawansowanym monitoringu.

Układ przedstawiony w tabeli stanowi punkt wyjścia do dalszych rozważań nad sposobem definiowania smart city przez poszczególne miasta, ich modelami zarządzania, wykorzystywanymi wskaźnikami, politykami danych, barierami oraz kierunkami rozwoju w sześciu podstawowych wymiarach: mobilności, środowiska, gospodarki, kapitału ludzkiego, zarządzania i jakości życia.

Wszystkie badane miasta zgodnie podkreślają, że koncepcja smart city ma dla nich przede wszystkim charakter praktyczny i służy usprawnianiu działania administracji oraz poprawie jakości usług świadczonych mieszkańcom. W wywiadach wyraźnie akcentowano, że rozwiązania cyfrowe nie stanowią odrębnego celu, lecz są narzędziem wspierającym codzienne funkcjonowanie

miasta – m.in. poprzez rozwój e-usług, integrację danych czy zwiększanie dostępności informacji. Takie podejście odzwierciedla rosnącą dojrzałość instytucjonalną miast, która przejawia się nie w budowaniu rozbudowanych deklaracji strategicznych, lecz w stopniowym porządkowaniu procesów i systemów.

Interpretując wyniki wywiadów, można zauważyć, że każde z miast wypracowało własne, oparte na lokalnych potrzebach rozumienie idei smart city. W Warszawie szczególny nacisk kładzie się na integrację usług oraz rozwój narzędzi cyfrowych dla mieszkańców, w tym platform zgłoszeniowych i komunikacyjnych, co sprzyja bardziej spójnemu zarządzaniu informacją. Lublin interpretuje smart city przede wszystkim poprzez rozwój usług elektronicznych oraz porządkowanie danych przestrzennych, traktując cyfryzację jako element wspierający obsługę mieszkańców i procesy administracyjne. W Rzeszowie kluczową rolę odgrywa Urban Lab – przestrzeń współtworzenia i testowania rozwiązań, która umożliwia prowadzenie pilotaży w niewielkiej skali, zanim zostaną wdrożone szerzej. Kielce natomiast koncentrują się na uporządkowaniu istniejących systemów, integracji danych i wypracowaniu bardziej spójnej koordynacji działań, co ma stworzyć solidną podstawę do dalszego rozwoju usług miejskich.

Różnorodność podejść widoczna w badanych miastach potwierdza, że w Polsce nie funkcjonuje jednolity model smart city. Zamiast tego mamy do czynienia z zestawem lokalnych ścieżek rozwojowych, które – choć różnią się tempem i zakresem – zmierzają do wspólnego celu: tworzenia bardziej dostępnych, lepiej zorganizowanych i efektywnie zarządzanych usług publicznych. W miastach na bardziej zaawansowanym etapie, takich jak Warszawa czy Lublin, widoczna jest coraz większa integracja systemów i danych, natomiast w pozostałych ośrodkach kluczową rolę odgrywa porządkowanie procesów i tworzenie warunków do dalszych wdrożeń. Razem tworzy to obraz transformacji, która rozwija się w sposób ewolucyjny i silnie zakorzeniony w lokalnych uwarunkowaniach organizacyjnych.

Tabela 7. Profil transformacji cyfrowej i kierunki rozwoju w sześciu polskich miastach

Miasto	Strategia i Model Zarządzania	Wykorzystanie Danych i Technologii	Bariery i Wyzwania	Działania Edukacyjne i Społeczne	Plany Rozwojowe
Warszawa	Istnieje komórka organizacyjna odpowiedzialna za smart city; współpraca z uczelniami; rozwój usług cyfrowych.	Rozwinięte obszary otwierania danych; analityka danych; przygotowania do digital twin; wykorzystanie AI i RPA.	Trudności z miernikami; potrzeba integracji wewnętrznych danych.	Współpraca z uczelniami; programy edukacyjne; działania popularyzujące dane.	Rozwój otwierania danych; digital twin; rozwój AI; priorytet cyberbezpieczeństwa.
Lublin	Zespół ds. transformacji cyfrowej; szeroka cyfryzacja urzędu i jednostek.	Rozwinięty inteligentny system ruchu; modele matematyczne sieci; rozwój e-usług.	Ograniczenia w systemie odpadów; zróżnicowane tempo cyfryzacji.	Cyfryzacja edukacji; kanały zgłaszania problemów.	Rozwój mobilności zeroemisyjnej; inwestycje w OZE; wzmacnianie rezyliencji.
Rzeszów	Urban Lab jako centrum testowania innowacji.	Cyfrowy model ruchu; system zajętości parkingów oparty na AI; analiza big data.	Ograniczenia budżetowe; etapowe wdrożenia.	Projekty edukacyjne Urban Lab; działania dla szkół.	Rozwój predykcji parkowania; dalsze wdrożenia AI.
Kielce	Rozproszony model; działania z uczelniami; strategia monitorowania danych.	System Monitorowania Miasta; platforma „Zoom na Kielce”; monitoring powietrza; IoT.	Trudności finansowe; bariery formalne i mentalne; brak specjalistów.	Projekty międzypokoleniowe; konkursy; działania w ramach Human Smart Cities.	Rozwój digital twin; monitoring zieleni; integracja mobilności.
Kraków	Biuro innowacji; współpraca z uczelniami; integracja systemów.	Analityka danych; skanowanie 3D; digital twin; inteligentne systemy ruchu i wod-kan.	Problemy z efektywnością niektórych pilotaży; wyzwania w odpadach.	Programy edukacyjne; wysoka partycypacja; współpraca z NGO.	Rozwój living lab; narzędzia analityczne; AI w infrastrukturze.
Gdańsk	Koordinacja oparta na centrach kompetencji; prace nad cyfryzacją.	Monitoring środowiska; gospodarka energią; narzędzia zieleni; integracja transportu z portem.	Brak specjalistów IT; bariery kompetencyjne; problemy z miernikami.	Platformy partycypacyjne; aplikacje zgłoszeniowe; działania edukacyjne.	Cyfryzacja administracji; inteligentny monitoring; rozwój aplikacji miejskich.

Źródło: opracowanie własne.

Tak zróżnicowane podejście do koncepcji smart city można uznać za korzystne z perspektywy rozwoju krajowego ekosystemu innowacji. Wskazuje ono, że polskie miasta nie kopiują gotowych rozwiązań, lecz adaptują je do lokalnych uwarunkowań społecznych, gospodarczych i przestrzennych. Świadczy to o rosnącej dojrzałości instytucjonalnej samorządów oraz ich zdolności do prowadzenia polityki rozwoju opartej na dowodach (evidence-based policy). Różnorodność strategii jest jednocześnie wartością i wyzwaniem – gdyż sprzyja eksperymentowaniu i wymianie dobrych praktyk. Niemniej może utrudniać standaryzację wskaźników i porównywanie postępów na poziomie krajowym. Dlatego też kluczowe znaczenie ma systematyczne monitorowanie i ewaluacja modeli lokalnych oraz – tam, gdzie to możliwe – ich stopniowe ujednolicanie w obszarach krytycznych, takich jak cyberbezpieczeństwo, interoperacyjność danych i zapewnienie równego dostępu do usług dla wszystkich grup społecznych.

Jednostki odpowiedzialne za realizację koncepcji smart city w badanych miastach są integralnym elementem struktur urzędów i pełnią funkcję koordynacyjną, wspierając rozwój usług cyfrowych oraz usprawnianie procesów wewnętrznych. Jak pokazują wywiady, rozwiązania organizacyjne różnią się między miastami, jednak we wszystkich przypadkach widoczna jest rosnąca potrzeba porządkowania działań i lepszej integracji projektów cyfrowych. Warszawa, mimo braku wydzielonej jednostki formalnie odpowiedzialnej za smart city, kładzie nacisk na konsolidację usług cyfrowych oraz współpracę między jednostkami miejskimi, tak aby ograniczać rozproszenie projektów i wzmacniać spójność działań. Lublin rozwija działania cyfrowe poprzez zespół ds. cyfryzacji i dba o integrację danych przestrzennych, co stanowi ważny fundament dla rozwoju usług publicznych i procesów planistycznych. W Kielcach odpowiedzialność za wdrażanie rozwiązań cyfrowych ma charakter rozproszony, co – jak wskazują respondenci – utrudnia koordynację i tworzy potrzebę bardziej uporządkowanego modelu działania, zwłaszcza w kontekście modernizacji systemów i ich integracji. W Rzeszowie ważną rolę pełni Urban Lab, który funkcjonuje jako przestrzeń testowania innowacji i łączenia różnych komórek miejskich oraz partnerów zewnętrznych we wspólnych projektach pilotażowych.

Analiza organizacji struktur odpowiedzialnych za działania smart city pokazuje, że skuteczność wdrożeń zależy nie tylko od tego, czy istnieje jednostka koordynacyjna, lecz także od miejsca, jakie zajmuje ona w strukturze decyzyjnej urzędu, oraz od jakości

współpracy międzywydziałowej. W wielu przypadkach to właśnie stopień integracji przesądza o tym, czy projekty cyfrowe tworzą spójny program rozwojowy, czy też funkcjonują jako odrębne, słabo powiązane inicjatywy. Respondenci podkreślali, że w miastach takich jak Warszawa czy Lublin rośnie świadomość potrzeby porządkowania działań i tworzenia architektury danych, która umożliwi sprawniejszą wymianę informacji pomiędzy jednostkami oraz bardziej efektywne świadczenie usług.

Modele zarządzania smart city w badanych miastach są zróżnicowane i odzwierciedlają lokalne priorytety oraz dostępne zasoby. Warszawa koncentruje się na integracji usług cyfrowych i rozwijaniu narzędzi, które umożliwiają obsługę mieszkańców w sposób prosty i transparentny. Lublin łączy działania różnych departamentów poprzez rozwój danych przestrzennych i narzędzi partycypacyjnych, co sprzyja lepszemu planowaniu i komunikacji z mieszkańcami. Rzeszów rozwija model oparty na współpracy i eksperymentowaniu, w którym Urban Lab pełni rolę integratora procesów innowacyjnych oraz platformy do testowania rozwiązań w zakresie mobilności, usług społecznych czy przestrzeni publicznej. Kielce natomiast akcentują potrzebę wzmocnienia koordynacji i uporządkowania istniejących systemów, aby stopniowo budować bardziej spójne środowisko cyfrowe.

Wyłania się z tego obraz miast, które – pomimo różnic w strukturze organizacyjnej – konsekwentnie dążą do poprawy koordynacji działań i zwiększenia spójności infrastruktury cyfrowej. Najbardziej zaawansowane ośrodki, takie jak Warszawa i Lublin, rozwijają narzędzia integrujące dane oraz wzmacniają współpracę między jednostkami miejskimi. W pozostałych miastach szczególną rolę odgrywa porządkowanie procesów organizacyjnych i eliminowanie rozproszenia kompetencji. Z wywiadów wynika, że dalsza integracja systemów, poprawa jakości danych oraz tworzenie stabilnych ram współpracy międzywydziałowej będą kluczowe dla podnoszenia dojrzałości cyfrowej w kolejnych latach.

Analiza treści wywiadów pokazuje, że miasta znajdują się na różnych etapach dojrzewania cyfrowego. Najbardziej zaawansowane ośrodki, takie jak Warszawa wdraża działania, które pełnią funkcję narzędzi koordynacji międzywydziałowej, zwłaszcza w zakresie integracji danych i porządkowania systemów. W wielu miastach podkreślano konieczność stworzenia bardziej spójnych ram działania, aby ograniczyć rozproszenie projektów cyfrowych. W zakresie certyfikacji większość badanych miast jest na wczesnym

etapie – jedynie Warszawa rozpoczęła przygotowania do uzyskania certyfikacji zgodnej z normą ISO 37120, podczas gdy pozostałe odnoszą się do standardów, ale nie realizują formalnych procesów certyfikacyjnych. Ważnym elementem strategii jest także polityka danych. Warszawa rozwija narzędzia integrujące dane, a Lublin i Rzeszów udostępniają wybrane zbiory. Raport potwierdza wykorzystywanie danych środowiskowych i transportowych w analizach miejskich, jednak nie zawiera szczegółowych przykładów zastosowań decyzyjnych w poszczególnych miastach.

Można stwierdzić, że badane miasta stopniowo przechodzą od doraźnych działań cyfryzacyjnych do systemowego podejścia, w którym strategię, politykę danych i plany certyfikacji są ze sobą powiązane i tworzą ramy dla zrównoważonego rozwoju. Ostateczny sukces tych działań będzie jednak zależał od konsekwencji we wdrażaniu planów, powiązania ich z politykami sektorowymi oraz utrzymania stabilnego finansowania w kolejnych latach.

Ocena postępów we wdrażaniu koncepcji smart city w badanych miastach opiera się na zestawie wskaźników ilościowych i jakościowych, które umożliwiają śledzenie zarówno wymiernych efektów inwestycji, jak i ich odbioru społecznego. Do wskaźników ilościowych zaliczane są m.in. liczba uruchomionych e-usług, liczba czujników monitorujących jakość powietrza czy stopień integracji systemów informatycznych w poszczególnych sektorach miasta. Wskaźniki jakościowe obejmują z kolei poziom satysfakcji mieszkańców, stopień ich zaangażowania w procesy konsultacji społecznych oraz efektywność komunikacji między administracją a społecznością lokalną. Tak zdefiniowany zestaw miar pozwala nie tylko ocenić skalę cyfryzacji, lecz także zrozumieć, w jakim stopniu rozwiązania smart city faktycznie odpowiadają na potrzeby mieszkańców.

Analiza wywiadów pogłębionych wskazuje na istotne zróżnicowanie tempa wdrożeń pomiędzy miastami. Warszawa jest postrzegana jako najbardziej zaawansowany ośrodek, szczególnie w zakresie integracji usług cyfrowych oraz konsolidacji narzędzi komunikacji z mieszkańcami. Lublin i Gdańsk koncentrują się na rozwoju e-usług i narzędzi partycypacyjnych. Rzeszów koncentruje się na projektach pilotażowych – Urban Lab umożliwia testowanie nowych rozwiązań przed ich ewentualnym wdrożeniem na większą skalę. Kielce pozostają na etapie budowy kompleksowego modelu skupiając się na porządkowaniu rozproszonych systemów oraz przygotowaniu do ich integracji.

Coraz większe znaczenie w badanych miastach zyskują rozwiązania oparte na danych i czujnikach środowiskowych. Internet Rzeczy wspiera przede wszystkim monitoring środowiskowy. W Warszawie rozwijane są narzędzia cyfrowe integrujące dane środowiskowe i usługowe, a raport nie wskazuje na wykorzystanie sztucznej inteligencji ani planowanie jej wdrażania. Rzeszów rozwija system rozpoznawania zajętości miejsc parkingowych oparty na sieci sensorów i kamer, natomiast Lublin rozbudowuje system zarządzania ruchem oparty na danych z kamer i urządzeń ulicznych. W Kielcach kluczowym wyzwaniem pozostaje modernizacja i uporządkowanie dotychczasowych systemów, m.in. niesprawnie działającego ITS. We wszystkich miastach podkreśla się znaczenie integracji systemów i poprawy spójności infrastruktury cyfrowej.

Zebrane wnioski sugerują, że miary sukcesu w badanych miastach stają się coraz bardziej wyrafinowane, obejmując nie tylko prostą liczbę wdrożonych rozwiązań, lecz także ich wpływ na komfort życia mieszkańców i efektywność zarządzania miastem. Postępująca integracja danych oraz wprowadzanie narzędzi analitycznych i predykcyjnych wskazują, że miasta zaczynają wykorzystywać technologie nie tylko w charakterze operacyjnym, ale również strategicznym – jako narzędzie planowania i kształtowania rozwoju w długim horyzoncie czasowym.

Konsekwencją coraz bardziej złożonych wdrożeń oraz rosnącej liczby systemów cyfrowych jest konieczność analizy nie tylko wskaźników postępu, lecz także doświadczeń mieszkańców i wyzwań organizacyjnych, które towarzyszą rozwojowi smart city. W tym kontekście szczególnego znaczenia nabierają narzędzia komunikacji cyfrowej, mechanizmy angażowania społeczności oraz rozwój dostępnych i intuicyjnych usług cyfrowych.

Rozmowy z przedstawicielami miast ujawniły, że platformy komunikacyjne stają się jednym z kluczowych elementów ekosystemu smart city i są dziś powszechnie wykorzystywane zarówno do obsługi codziennych spraw mieszkańców, jak i do budowania relacji między administracją a społecznością lokalną. W Warszawie centralną rolę pełni system 19115, który pozwala zgłaszać usterki w przestrzeni publicznej, śledzić status zgłoszeń i uzyskiwać informacje o bieżących działaniach urzędu. W Lublinie rozwijane są narzędzia Przyjazne Deklaracje i decyduje.lublin.eu, zapewniające szybki dostęp do e-usług oraz uczestnictwo w konsultacjach społecznych. Kielce rozwijają aplikację Ulepszamy Kielce oraz narzędzia oparte na Miejskim Systemie Informacji

Przestrzennej, a Gdańsk rozwija platformy komunikacji cyfrowej, takie jak Vileo czy Gdańska Platforma Edukacyjna. We wszystkich miastach widoczny jest rozwój e-usług oraz portali partycypacyjnych, które przekształcają relacje mieszkańiec–miasto w kierunku bardziej interaktywnym i dwukierunkowym.

Jednocześnie w badanych miastach utrzymują się istotne bariery we wdrażaniu rozwiązań smart city. W Warszawie wyzwaniem pozostaje koordynacja gromadzenia danych w rozproszonej strukturze urzędu oraz konieczność synchronizacji działań wielu jednostek. W Kielcach oraz innych mniejszych ośrodkach wskazywano natomiast na trudności związane z utrzymaniem istniejących systemów oraz na potrzebę porządkowania rozproszonych działań cyfrowych. W wielu ośrodkach powtarzał się problem niskiej interoperacyjności systemów oraz konieczności porządkowania oddolnych inicjatyw technologicznych. Rozmówcy zwracali również uwagę na bariery mentalne i organizacyjne, które utrudniają adaptację nowych rozwiązań zarówno po stronie administracji, jak i mieszkańców.

W rozmowach podkreślano, że jednym z ważnych wyzwań w procesie wdrażania rozwiązań smart city pozostają kwestie organizacyjne i mentalne, które wpływają zarówno na sposób działania administracji, jak i na gotowość mieszkańców do korzystania z usług cyfrowych. Przedstawiciele miast zwracali uwagę na trudności wynikające z rozproszenia systemów i konieczności ich integracji, co utrudnia efektywne zarządzanie danymi oraz koordynację działań. W wielu przypadkach podkreślano również, że mimo rosnącej liczby dostępnych narzędzi cyfrowych, ich pełne wykorzystanie wymaga dalszego upraszczania procesów oraz zwiększania dostępności usług dla osób o zróżnicowanych kompetencjach cyfrowych. W efekcie miasta koncentrują się na działaniach, które mają poprawić spójność środowiska cyfrowego i ułatwić mieszkańcom korzystanie z e-usług, co stanowi istotny element dojrzałości cyfrowej i pozwala lepiej reagować na potrzeby społeczności lokalnej.

Zarysowany w wywiadach obraz pokazuje, że polskie miasta przechodzą od fazy eksperymentów i wdrożeń pilotażowych do budowania spójnych ekosystemów komunikacji i zarządzania danymi. Integracja kanałów kontaktu z mieszkańcami, rosnące znaczenie otwartych danych i rozwój procedur cyberbezpieczeństwa wskazują na dojrzewanie koncepcji smart city, w której technologie stają się nie tylko narzędziem usprawniającym obsługę zgłoszeń, lecz także elementem strategicznego zarządzania miastem.

Problematyka finansowania jest jednym z powtarzających się wątków wywiadów, szczególnie w kontekście możliwości realizacji projektów cyfrowych i utrzymania infrastruktury, ponieważ ograniczenia budżetowe bezpośrednio przekładają się na tempo wdrażania nowych rozwiązań i utrzymanie ich stabilności. W wywiadach najczęściej powracał wątek trudności w zapewnieniu środków na projekty związane z utrzymaniem systemów i realizacją kolejnych etapów transformacji cyfrowej. Najsilniej akcentowały je Kielce i Rzeszów, wskazując na problemy z finansowaniem utrzymania istniejących systemów, zwłaszcza po nieudanych wdrożeniach (jak w przypadku systemu ITS w Kielcach). Władze obu miast podkreślały, że koszty utrzymania systemów cyfrowych są znaczącym obciążeniem, co ogranicza możliwość szybkiego wdrażania innowacyjnych projektów. W Warszawie podkreślano konieczność konsolidacji systemów i działań, aby ograniczać rozproszenie projektów. Analiza zebranych danych wskazuje, że miasta dostrzegają potrzebę lepszej koordynacji działań cyfrowych i integrowania systemów, co ma ograniczyć fragmentaryzację i poprawić spójność ekosystemu usług.

Choć w wywiadach nie poruszano szczegółowo kwestii szkoleń czy modelu rozwoju kompetencji pracowników, przedstawiciele miast wskazywali na konieczność dalszego wzmacniania zdolności organizacyjnych administracji, zwłaszcza w obszarze obsługi systemów cyfrowych oraz pracy z danymi. Rozwój kompetencji urzędników jest postrzegany jako element wspierający efektywne wdrażanie usług i narzędzi cyfrowych, a także jako czynnik ograniczający ryzyko fragmentaryzacji działań. Z wypowiedzi samorządowców wynika, że największym wyzwaniem nie jest brak indywidualnych umiejętności technicznych, lecz zapewnienie odpowiednich struktur, procedur i narzędzi, które umożliwią sprawne korzystanie z rosnącej liczby systemów oraz ich integrację. W efekcie miasta koncentrują się przede wszystkim na usprawnianiu procesów organizacyjnych i tworzeniu spójnych środowisk pracy, które pozwalają efektywnie wykorzystywać dostępne rozwiązania technologiczne.

Systematyczne podnoszenie kompetencji urzędników jest ważnym elementem rozwijania usług cyfrowych i poprawy sposobu komunikacji z mieszkańcami, jednak raport nie wskazuje wprost programów szkoleniowych dla urzędników. Taki rozwój przekłada się bezpośrednio na doświadczenia mieszkańców w kontaktach z miastem poprzez usprawnianie platform kontaktu oraz uproszczenie procesów zgłoszeniowych, co ma wspierać dostępność usług cyfrowych dla różnych grup mieszkańców. W Kielcach

wyzwaniem pozostaje zwiększenie dostępności usług cyfrowych oraz poprawa użyteczności narzędzi takich jak Ulepszamy Kielce. W Warszawie rozwinięte są narzędzia komunikacji cyfrowej i system 19115. Najczęściej zgłaszane obawy dotyczą trudności w korzystaniu z usług cyfrowych oraz braku kompetencji, z kolei odpowiedzią miast jest upraszczanie usług, rozwój kanałów kontaktu i narzędzi wsparcia. Dane z wywiadów pozwalają stwierdzić, że miasta koncentrują się na poprawie dostępności i użyteczności usług cyfrowych.

Zaufanie mieszkańców i ich gotowość do korzystania z e-usług przekładają się na realne wykorzystanie miejskich technologii, dlatego szczególnej uwagi wymagają narzędzia, które stały się fundamentem codziennej interakcji między miastem a jego społecznością.

Wśród technologii i narzędzi wdrażanych w miastach badanych w ramach koncepcji smart city szczególną rolę odgrywają systemy ITS, które w Warszawie są wykorzystywane do monitorowania ruchu drogowego, zarządzania sygnalizacją świetlną oraz obsługi transportu publicznego, choć raport nie wskazuje jednoznacznie na pełną priorytetyzację transportu publicznego w ramach ITS. W Krakowie funkcjonuje centrum sterowania ruchem, lecz nie jest ono opisane jako klasyczny system ITS w takim ujęciu jak w Warszawie czy Lublinie.

Lublin rozwija Inteligentny System Zarządzania Ruchem (78% skrzyżowań podłączonych do systemu), oparty na danych z inteligentnych kamer i danych rzeczywistych.

Rzeszów, działając w modelu miejskiego laboratorium innowacji Urban Lab, testuje zaawansowany system rozpoznawania zajętości miejsc parkingowych oparty na sieci czujników IoT, kamerach i algorytmach sztucznej inteligencji oraz rozwija narzędzia zgłoszeniowe i rozwiązania testowane w przestrzeni miejskiej, jednak raport nie wskazuje na systemy informacji pasażerskiej jako kluczowy element smart mobility w mieście. W Kielcach wdrażanie ITS przebiega etapami; dotychczasowy system ITS w Kielcach nie został poprawnie uruchomiony z powodu błędów wykonawcy i działa jedynie półautomatycznie. We wszystkich miastach dobrze sprawdzają się platformy zgłoszeniowe – w Warszawie system 19115, w Kielcach aplikacja Ulepszamy Kielce, a w Lublinie platforma partycypacyjna decyduje.lublin.eu – które nie tylko skracają czas reakcji na zgłoszenia, ale także pozwalają mieszkańcom śledzić ich realizację online.

Za ważny element dojrzałości cyfrowej uznaje się również sposób angażowania mieszkańców w proces współdecydowania o kierunkach rozwoju miasta. Najczęściej wykorzystywanym narzędziem pozostaje budżet obywatelski. Lublin rozwija platformę konsultacji społecznych (decyduje.lublin.eu) oraz narzędzia cyfrowe wspierające procesy partycypacyjne. W Rzeszowie i Kielcach rozwijane są narzędzia cyfrowe oraz platformy zgłoszeniowe, które zwiększają możliwość komunikacji z mieszkańcami jednak raport nie potwierdza istnienia oddolnych inicjatyw formalnie włączanych do strategii miejskich.

Ważnym uzupełnieniem działań partycypacyjnych są działania na rzecz zwiększania dostępności usług cyfrowych i ułatwiania ich obsługi przez mieszkańców. W badanych rozwijane są platformy komunikacyjne, e-usługi oraz narzędzia zgłoszeniowe, co pośrednio wspiera osoby o niższych kompetencjach cyfrowych, lecz raport nie potwierdza prowadzenia programów szkoleniowych ani kampanii edukacyjnych. W Warszawie działania koncentrują się na usprawnianiu cyfrowego kontaktu z mieszkańcami, a w Krakowie na rozwijaniu narzędzi cyfrowych, jednak dokument nie wspomina o współpracy z NGO-sami w zakresie edukacji cyfrowej. W Kielcach wyzwaniem pozostaje poprawa dostępności usług cyfrowych dzięki narzędziom takim jak Ulepszamy Kielce czy Miejski System Informacji Przestrzennej.

Poziom zaufania do usług cyfrowych jest zróżnicowany i zależy zarówno od jakości wdrażanych systemów, jak i od doświadczeń mieszkańców w kontaktach z administracją. Warszawa i Kraków wyróżniają się wysokim poziomem akceptacji i zaufania, które przekłada się na dużą aktywność w korzystaniu z narzędzi online oraz udział w procesach konsultacyjnych. W Lublinie i Rzeszowie zaufanie stopniowo rośnie, co sprzyja upowszechnianiu nowych usług. Największe wyzwania pod tym względem stoją przed Kielcami, gdzie część mieszkańców wciąż deklaruje niechęć do korzystania z rozwiązań cyfrowych i preferuje tradycyjną formę kontaktu z urzędem.

Zgromadzone dane pozwalają stwierdzić, że miasta wchodzą w etap, w którym rozwój technologii przestaje być jedynie kwestią wdrażania nowych narzędzi, a staje się procesem budowania spójnych ekosystemów komunikacji, edukacji i współdecydowania. Połączenie inteligentnych systemów transportowych z aplikacjami zgłoszeniowymi, platformami partycypacyjnymi i programami edukacyjnymi tworzy coraz bardziej zintegrowane środowisko miejskie, w którym mieszkańcy przestają być biernymi odbiorcami usług i stają się współtwórcami miejskich rozwiązań.

Rosnące zaufanie do usług cyfrowych i coraz szersze korzystanie z narzędzi online nie oznacza jednak, że wszystkie grupy społeczne uczestniczą w transformacji w jednakowym stopniu – dlatego konieczne staje się zrozumienie i ograniczanie zjawiska wykluczenia cyfrowego.

Wykluczenie cyfrowe pozostaje jednym z najbardziej złożonych wyzwań w procesie transformacji miast w kierunku smart city. Badane miasta konsekwentnie wskazują, że grupą najbardziej narażoną na wykluczenie są seniorzy, ale problem jest wielowymiarowy i obejmuje również osoby z ograniczoną sprawnością, mieszkańców o niskich kompetencjach cyfrowych oraz tych, którzy nie ufają technologiom lub obawiają się o swoje dane. Warszawa, Warszawa koncentruje się na usprawnianiu kontaktu z mieszkańcami oraz rozwijaniu usług cyfrowych, co pozwala na lepsze dopasowanie działań do lokalnych potrzeb. Lublin i Rzeszów koncentrują się na rozwijaniu dostępności usług cyfrowych i kanałów komunikacji z mieszkańcami, natomiast Kielce stawiają na działania poprawiające dostęp mieszkańców do usług cyfrowych, w tym na uproszczenie narzędzi zgłoszeniowych i rozwój komunikacji cyfrowej. W wielu miastach działania te mają charakter pilotażowy, a ich celem jest nie tylko przekazanie umiejętności technicznych, lecz także zwiększanie dostępności cyfrowej i ułatwianie mieszkańcom korzystania z usług online oraz budowanie zaufania do e-usług i przełamywanie barier mentalnych, które bywają trudniejsze do pokonania niż same ograniczenia technologiczne.

Skala i różnorodność podejmowanych działań wskazują, że miasta stopniowo przechodzą od rozwiązań incydentalnych do bardziej systemowych programów włączenia cyfrowego. Wyzwanie polega jednak na tym, by zapewnić trwałość tych inicjatyw oraz objąć nimi nie tylko grupy już zidentyfikowane, ale także nowe segmenty społeczne, które mogą być zagrożone wykluczeniem w miarę rozwoju kolejnych technologii, takich jak sztuczna inteligencja czy cyfrowe bliźniaki. Trend rosnącej uwagi poświęcanej edukacji i kampaniom informacyjnym świadczy o tym, że miasta zaczynają traktować wykluczenie cyfrowe nie jako problem marginalny, lecz jako kluczowy element polityki smart city, warunkujący powodzenie całej transformacji.

Skala działań podejmowanych w celu ograniczania wykluczenia cyfrowego wskazuje, że miasta coraz bardziej świadomie traktują transformację technologiczną jako proces długofalowy, prowadzący do formułowania kompleksowych planów rozwojowych i wyznaczania kierunków dalszych inwestycji. Z wywiadów przeprowadzonych z

przedstawicielami sześciu miast wynika, że najbliższe lata przyniosą przesunięcie akcentu z rozwoju infrastruktury na konsolidację i integrację wdrożonych systemów, a także wdrażanie rozwiązań z zakresu sztucznej inteligencji i analityki predykcyjnej.

W obszarze smart mobility priorytetem jest dalsze rozwijanie inteligentnych systemów transportowych i optymalizacja zarządzania ruchem w oparciu o dane w czasie rzeczywistym. Warszawa rozwija monitoring przystankowy, integrację taryfową oraz rozwój usług cyfrowych dla podróżnych, a Rzeszów rozbudowę modułu prognozowania zajętości miejsc parkingowych. Lublin Lublin rozwija inteligentny system zarządzania ruchem obejmujący 78% skrzyżowań oraz inwestuje w zeroemisyjny transport publiczny (w tym wodór).

W wymiarze smart environment szczególnie silny akcent położony jest na rozwój monitoringu środowiskowego oraz na wykorzystanie danych środowiskowych w zarządzaniu miejskim. Kielce rozwijają system monitorowania środowiska oraz korzystają z rozbudowanej sieci czujników jakości powietrza (Airly, EkoSłupki, sensory umieszczone w różnych częściach miasta), a Gdańsk koncentruje się głównie na systemach cyfrowych, edukacyjnych i komunikacyjnych. Warszawa natomiast stawia na integrację danych środowiskowych i rozwój inteligentnego monitoringu przestrzeni.

W obszarze smart economy miasta dążą do wspierania lokalnych ekosystemów innowacji i rozwoju przedsiębiorczości. Kraków planuje zacieśnienie współpracy z uczelniami wyższymi i podmiotami prywatnymi w ramach programów living lab, a Gdańsk – uruchomienie platformy wspierającej start-upy i firmy technologiczne w testowaniu nowych rozwiązań w przestrzeni miejskiej. Rzeszów zapowiada rozszerzenie funkcji Urban Lab o komponent współpracy z biznesem i wdrażanie pilotaży z zakresu Przemysłu 4.0.

W zakresie smart people i smart governance istotnym elementem planów jest rozwój otwartych danych i narzędzi partycypacyjnych. Warszawa zamierza kontynuować rozwój usług cyfrowych i integrację danych miejskich, co pozwoli na lepsze porównywanie się z innymi miastami w kraju i za granicą. Lublin dalszy rozwój narzędzi konsultacji społecznych i usług cyfrowych, w tym platformy decyduje.lublin.eu oraz Przyjazne Deklaracje. Gdańsk stawia na dalszą integrację narzędzi komunikacji cyfrowej, które umożliwią mieszkańcom zgłaszanie potrzeb i uzyskiwanie informacji w jednym miejscu.

Wreszcie w wymiarze smart living badane miasta zapowiadają rozwój projektów podnoszących jakość życia, w tym rozwój usług cyfrowych, narzędzi komunikacji miejskiej oraz integrację platform informacji miejskiej, ze szczególnym akcentem na usprawnianie kontaktu mieszkańców z urzędem oraz rozwój platform zgłoszeniowych i partycypacyjnych. Kielce np. koncentrują się na rozwoju systemów monitorowania środowiska i platform zgłoszeniowych, a Lublin rozwija narzędzia partycypacyjne i cyfryzację usług publicznych, aby zmniejszać bariery mentalne i ryzyko wykluczenia społecznego.

Plany rozwojowe wskazują, że miasta przechodzą od fazy wstępnych wdrożeń do dojrzałej cyfryzacji, w której kluczowe staje się tworzenie spójnych, zintegrowanych ekosystemów usług. Coraz częściej pojawia się także perspektywa wykorzystania sztucznej inteligencji, technologii blockchain i zaawansowanej analityki danych w celu lepszego przewidywania zjawisk i projektowania polityk publicznych. Ten kierunek rozwoju świadczy o tym, że smart city przestaje być zbiorem pojedynczych projektów, a staje się nadrzędnym modelem zarządzania miastem, który integruje różne wymiary rozwoju i angażuje mieszkańców jako współtwórców procesów miejskich.

Aby umożliwić czytelnikowi szybkie porównanie stopnia zaawansowania transformacji cyfrowej i wdrażania rozwiązań smart city, w tabeli 8 przedstawiono syntetyczne zestawienie kluczowych wniosków z wywiadów przeprowadzonych w sześciu badanych miastach. Zestawienie obejmuje sześć wymiarów koncepcji smart city – smart mobility, smart environment, smart economy, smart people, smart governance i smart living – i pozwala uchwycić specyfikę podejścia każdego ośrodka do wdrażania poszczególnych elementów tej idei. Dzięki takiemu ujęciu porównawczemu możliwe jest nie tylko wskazanie liderów poszczególnych obszarów, lecz także identyfikacja tych wymiarów, które wciąż wymagają rozwoju i dodatkowych inwestycji.

Analiza danych przedstawionych w tabeli wskazuje, że żadne z badanych miast nie rozwija wszystkich sześciu wymiarów w jednakowym tempie. Proces transformacji cyfrowej ma w Polsce charakter etapowy i silnie odzwierciedla lokalne uwarunkowania społeczno-gospodarcze oraz dostępność zasobów. Warszawa wyraźnie wyróżnia się w zakresie koordynacji transformacji cyfrowej, konsolidacji usług cyfrowych oraz integracji danych miejskich, natomiast Kraków rozwija inteligentne systemy transportowe oraz infrastrukturę techniczną opartą na danych środowiskowych. Ich podejście staje się

punktem odniesienia dla pozostałych ośrodków, które obserwują efekty wdrożeń i adaptują sprawdzone rozwiązania. Lublin rozwija zaawansowaną politykę danych przestrzennych oraz cyfryzuje usługi publiczne, a Gdańsk koncentruje się na transformacji cyfrowej oraz platformach edukacyjno-społecznych, co pozwala im systematycznie zbliżać się do poziomu dojrzałości cyfrowej osiągniętego przez liderów. Rzeszów wyróżnia się eksperymentalnym podejściem i szerokim wykorzystaniem Urban Lab, które pełni funkcję przestrzeni testowania innowacji i umożliwia przenoszenie udanych projektów na szerszą skalę. Kielce skupiają się na porządkowaniu danych i uspoźnianiu systemów, a w planach rozwojowych akcentują rozwój systemów monitorowania środowiska oraz integrację danych przestrzennych, co ma przyspieszyć ich dojrzewanie w najbliższych latach.

Zgromadzone obserwacje wskazują, że polskie miasta wchodzi w fazę, w której transformacja cyfrowa nabiera charakteru systemowego. Najbliższe lata zadecydują o tym, czy działania w poszczególnych wymiarach zostaną w pełni zintegrowane i zaczną tworzyć spójny ekosystem usług miejskich. Różnorodność strategii i zróżnicowany poziom zaawansowania można uznać za wartość, ponieważ sprzyja to wymianie doświadczeń i umożliwia wypracowanie modelu rozwoju, który łączy lokalną specyfikę z globalnymi trendami w zakresie zrównoważonego rozwoju i cyfrowej innowacyjności.

Tabela 8. Obraz wdrożeń w sześciu wymiarach smart city w badanych miastach

Miasto	Smart Mobility	Smart Environment	Smart Economy	Smart People	Smart Governance	Smart Living
Warszawa	Rozbudowane systemy usług mobilności cyfrowej, monitoring przystanków, integracja taryfowa	Integracja danych środowiskowych, inteligentny monitoring przestrzeni publicznej	Silna współpraca z biznesem i uczelniami, projekty R&D i AI	Projekty edukacyjne, hackathony, wysoki poziom kompetencji	Biuro ds. Smart City, polityka cyfrowej transformacji	Zaawansowane e-usługi, platformy partycypacyjne i system 19115
Lublin	Transport niskoemisyjny, rozwój ITS i testy PV na autobusach	Monitoring energii i środowiska w pilotażach	Wsparcie lokalnych innowacji, cyfryzacja usług publicznych	Warsztaty i konsultacje społeczne, włączanie młodzieży	Zespół ds. cyfryzacji, integracja danych przestrzennych	Budżet obywatelski, Przyjazne Deklaracje
Rzeszów	Pilotaże systemów parkingowych, skanowanie tablic	Monitoring powietrza i czujniki środowiskowe	Urban Lab jako inkubator innowacji	Aktywne włączanie mieszkańców w projekty testowe	Urban Lab jako model partnerski	Platformy zgłoszeniowe i konkursy kreatywne
Kielce	Rozwój mobilności cyfrowej, poprawa transportu zbiorowego	Rozbudowana sieć czujników środowiskowych	Współpraca z NGO i partnerstwa publiczno-prywatne	Projekty miękkie, crowdsourcing danych	MSIP i potrzeba silniejszej koordynacji	Ulepszamy Kielce, platformy konsultacyjne
Kraków	Priorytetyzacja transportu publicznego, systemy parkingowe	Zarządzanie wodą i energią w oparciu o dane	Living lab i wsparcie startupów	Kampanie edukacyjne i e-learning	Centrum kompetencji, biuro innowacji	Karta mieszkańca, rozwinięte e-usługi
Gdańsk	Transport elektryczny, TRISTAR, integracja z portem	Polityka danych środowiskowych	Wsparcie firm technologicznych	GPE i Vileo – szkolenia i integracja	Strategia cyfrowa i biuro innowacji	Platformy komunikacyjne i budżet obywatelski

Źródło: opracowanie własne.

6. Rekomendacje dla władz samorządowych wynikające z analizy wdrożeń smart city w wybranych polskich miastach

Wyniki przeprowadzonych wywiadów zogniskowanych z przedstawicielami władz samorządowych sześciu polskich miast (Warszawa, Lublin, Rzeszów, Kielce, Kraków, Gdańsk) ukazują zróżnicowany, lecz konsekwentnie dojrzewający obraz wdrażania koncepcji smart city w Polsce. Analiza jakościowa, uzupełniona zestawieniami tabelarycznymi, wskazuje, że rozwój rozwiązań inteligentnych przebiega etapowo, jest silnie zakorzeniony w lokalnych uwarunkowaniach społeczno-gospodarczych oraz organizacyjnych, a jednocześnie coraz wyraźniej zmierza w kierunku tworzenia zintegrowanych ekosystemów usług miejskich.

Badane miasta w różnym stopniu rozwijają sześć wymiarów koncepcji smart city – smart mobility, smart environment, smart economy, smart people, smart governance oraz smart living – przy czym żaden ośrodek nie osiąga jednocześnie wysokiego poziomu zaawansowania we wszystkich z nich. Warszawa i Kraków wyłaniają się jako liderzy integracji danych i systemów ITS, Lublin i Gdańsk intensyfikują działania w obszarze transportu niskoemisyjnego i polityki danych, Rzeszów pełni rolę „laboratorium miejskiego” testującego innowacje, natomiast Kielce koncentrują się na porządkowaniu fundamentów danych i przygotowaniu do bardziej zaawansowanych wdrożeń. Różnorodność modeli zarządzania (od wyodrębnionych biur ds. smart city po rozproszone struktury i centra kompetencji) oraz zróżnicowany stopień dojrzałości strategii cyfrowych świadczą o tym, że w Polsce nie funkcjonuje jeden zunifikowany model smart city, lecz raczej mozaika lokalnych ścieżek rozwojowych.

Na tym tle zasadne staje się sformułowanie zestawu rekomendacji adresowanych do władz samorządowych, który porządkuje obserwowane praktyki, wskazuje pożądane kierunki działań oraz akcentuje znaczenie integracji strategicznej, organizacyjnej i technologicznej. Poniższe rekomendacje mają charakter ogólny, ale wynikają z empirycznych ustaleń dotyczących sześciu badanych ośrodków i są zorientowane na wzmacnianie zdolności miast do prowadzenia długofalowej, opartej na danych polityki rozwoju w duchu smart city.

Rekomendacje zostały podzielone na kilka obszarów tematycznych, obejmujących: (1) umocowanie koncepcji smart city w polityce rozwoju, (2) modele zarządzania i koordynacji międzywydziałowej, (3) politykę danych i standaryzację, (4) konsolidację

systemów i ekosystemy usług, (5) planowanie finansowe, (6) rozwój kompetencji cyfrowych, (7) partycypację i zaufanie społeczne, (8) przeciwdziałanie wykluczeniu cyfrowemu, (9) cyberbezpieczeństwo oraz (10) współpracę między miastami. Taki podział odzwierciedla wielowymiarowy charakter transformacji w kierunku smart city, w której rozwiązania technologiczne są nierozdzielnie powiązane z łaodem instytucjonalnym, kulturą organizacyjną, kompetencjami kadr oraz postawami mieszkańców.

Strukturyzacja rekomendacji według obszarów pozwala z jednej strony uchwycić kluczowe „warstwy” dojrzałości cyfrowej miasta (strategiczną, organizacyjną, technologiczną, finansową i społeczną), z drugiej zaś – ułatwia ich praktyczne wykorzystanie przez różne typy samorządów. Władze miast mogą dzięki temu identyfikować te domeny, w których są już zaawansowane, oraz te, które wymagają wzmocnienia, a następnie planować działania w sposób sekwencyjny i skoordynowany, zamiast ograniczać się do pojedynczych, rozproszonych inicjatyw.

W pierwszym obszarze rekomendacje koncentrują się na strategicznym umocowaniu koncepcji smart city w długofalowej polityce rozwoju miasta, tak aby działania cyfryzacyjne nie miały charakteru doraźnego, lecz systemowy. W tym obszarze:

1. Zaleca się traktowanie koncepcji smart city jako nadrzędnego modelu zarządzania rozwojem miasta, a nie jako zbioru odrębnych projektów technologicznych.
2. Władze samorządowe powinny opracowywać i systematycznie aktualizować strategię cyfrowej transformacji lub „polityki cyfrowej transformacji”, powiązane z ogólną strategią rozwoju miasta oraz dokumentami sektorowymi (transport, środowisko, polityka społeczna, planowanie przestrzenne).
3. Dokumenty strategiczne powinny mieć charakter operacyjny, zawierać mierzalne cele, przypisanie odpowiedzialności, horyzont czasowy oraz zestaw wskaźników pozwalających na monitorowanie postępu w sześciu wymiarach smart city.

Drugi obszar dotyczy rozwiązań instytucjonalnych, wskazując na konieczność doskonalenia modeli zarządzania i wzmocnienia koordynacji międzywydziałowej jako warunku spójności wdrożeń smart city. W tym obszarze władze samorządowe:

1. powinny budować spójne modele zarządzania smart city i przełamywać silosy organizacyjne

2. tworzyć wyspecjalizowane jednostki (biura ds. smart city, centra innowacji, centra kompetencji) z jasnym mandatem koordynacyjnym, osadzonym wysoko w strukturze decyzyjnej.
3. w miastach o rozproszonych kompetencjach wprowadzać mechanizmy koordynacji międzywydziałowej (komitety sterujące, zespoły zadaniowe, standardy raportowania), aby unikać dublowania działań i kosztów.
4. rozwijać hybrydowe modele zarządzania oparte na partnerstwach z biznesem, uczelniami, NGO i mieszkańcami (Urban Lab, living lab), by przenosić udane pilotaże na skalę całego miasta.

Trzeci obszar rekomendacji odnosi się do polityki danych, interoperacyjności i standaryzacji, podkreślając rolę informacji jako kluczowego zasobu w zarządzaniu miastem inteligentnym. W tym zakresie władze samorządowe powinny:

1. Rozwinąć politykę danych, interoperacyjność i standardy
2. Opracować lub doprecyzować miejskie polityki danych, obejmujące: zasady gromadzenia, udostępniania (open data), bezpieczeństwa i ponownego wykorzystania danych.
3. Wspierać interoperacyjność systemów – standardy API, wspólne repozytoria danych, integrację systemów ITS, informacji pasażerskiej, monitoringu środowiska, e-usług.
4. Przygotowywać się do certyfikacji zgodnej z normami ISO 37120/37122/37123, traktując je jako narzędzie porządkowania wskaźników i porównywalności między miastami.
5. Wykorzystywać dane jako podstawę evidence-based policy – tworzyć panele analityczne dla decydentów, wspierać decyzje przestrzenne, inwestycyjne i społeczne.

Czwarty obszar akcentuje potrzebę przejścia od rozwiązań punktowych do konsolidacji systemów i budowy zintegrowanych ekosystemów usług, zorientowanych na doświadczenie mieszkańca. Tym samym miasta powinny:

1. Przechodzić od wdrożeń punktowych do zintegrowanych ekosystemów usług
2. Konsolidować istniejące systemy (e-usługi, platformy zgłoszeniowe, systemy transportowe, monitoring środowiskowy) w spójne ekosystemy, widziane z perspektywy mieszkańca jako jednolite środowisko usług.

3. W obszarze smart mobility priorytetowo traktować: rozwój i integrację systemów ITS, priorytetyzację transportu zbiorowego, rozwój transportu nisko- i zeroemisyjnego oraz infrastruktury ładowania.
4. W obszarze smart environment rozwijać: monitoring powietrza, wody, energii, zieleni,
5. systemy retencji wód, narzędzia do zarządzania zużyciem energii w budynkach publicznych.
6. W obszarze smart living dążyć do integracji systemów informacji miejskiej, platform partycypacyjnych, kart mieszkańca i e-usług w jednym, czytelnym interfejsie.

Piąty obszar rekomendacji dotyczy finansowania, wskazując na konieczność odejścia od logiki incydentalnych projektów na rzecz stabilnego, wieloletniego planowania nakładów na transformację cyfrową. Tym samym władze samorządowe powinny:

1. Zapewnić stabilne i wieloletnie finansowanie transformacji
2. Odchodzić od logiki wyłącznie projektów doraźnych na rzecz wieloletnich planów inwestycyjno-utrzymawczych, obejmujących zarówno wdrożenie, jak i koszty eksploatacji systemów.
3. W mniejszych miastach szczególnie: poszukiwać synergii między projektami, priorytetyzować inwestycje przynoszące jednocześnie efekty w kilku wymiarach (np. ITS = mobilność + środowisko + bezpieczeństwo).
4. Lepiej planować wykorzystanie funduszy zewnętrznych (w tym UE) w sposób zapewniający trwałość projektów po zakończeniu finansowania dotacyjnego.

Szósty obszar koncentruje się na rozwoju kompetencji cyfrowych kadr administracji, które w świetle zebranych danych stają się jednym z głównych czynników warunkujących tempo i jakość wdrożeń. W tym obszarze władze samorządowe powinny

1. Systemowo rozwijać kompetencje cyfrowe kadr urzędu
2. Wprowadzać stałe programy szkoleń e-learningowych i stacjonarnych dla urzędników: praca z danymi, cyberbezpieczeństwo, zarządzanie projektami IT, korzystanie z narzędzi analitycznych i predykcyjnych.
3. Tworzyć ścieżki rozwoju i przyciągania specjalistów IT, analityków danych i ekspertów ds. cyberbezpieczeństwa, także poprzez współpracę z uczelniami.
4. W mniejszych miastach wzmacniać kompetencje „ambasadorów cyfryzacji” w kluczowych wydziałach, aby wewnątrz urzędu powstawały lokalne centra kompetencji.

Siódmy obszar rekomendacji obejmuje zagadnienia partycypacji cyfrowej i budowy zaufania społecznego, traktując relację miasto–mieszkaniec jako fundament trwałego powodzenia koncepcji smart city. Tym samym władze miasta powinny:

1. Rozwijać partycypację cyfrową i budować zaufanie mieszkańców
2. Traktować platformy zgłoszeniowe, karty mieszkańca, portale budżetu obywatelskiego i systemy konsultacji jako kluczowe komponenty ekosystemu smart city, a nie dodatki do klasycznych narzędzi administracji.
3. Zapewniać transparentność procedur – jasne informowanie o statusie zgłoszeń, wynikach konsultacji, sposobie uwzględniania uwag mieszkańców.
4. Prowadzić stałe kampanie informacyjne i edukacyjne wyjaśniające cele wdrożeń, zasady przetwarzania danych i korzyści dla mieszkańców – zaufanie społeczne jest zasobem strategicznym, warunkującym akceptację dla nowych technologii (AI, blockchain, cyfrowe bliźniaki).

Ósmy obszar dotyczy przeciwdziałania wykluczeniu cyfrowemu, które w analizowanych miastach jawi się jako jeden z kluczowych czynników ograniczających inkluzyjność transformacji. Mając powyższe na uwadze władze samorządowe powinny:

1. Systemowo przeciwdziałać wykluczeniu cyfrowemu i traktować wykluczenie cyfrowe jako kluczowy obszar polityki smart city, a nie problem marginalny.
2. Rozwijać i stabilizować programy: szkoleń dla seniorów, projektów międzypokoleniowych (młodzież uczy seniorów), współpracy z Uniwersytetami Trzeciego Wieku, MOPS, NGO.
3. Uzupełniać kompetencje techniczne o element budowania zaufania do e-usług i przełamywania barier mentalnych.
4. Monitorować nowe grupy ryzyka (np. osoby niekorzystające z aplikacji mobilnych, osoby o niskich dochodach) w miarę wprowadzania zaawansowanych technologii.

Dziewiąty obszar rekomendacji poświęcony jest cyberbezpieczeństwu i odporności systemów, od których zależy zarówno ciągłość świadczenia usług, jak i poziom zaufania do rozwiązań cyfrowych. Dlatego władze samorządowe powinny:

1. Tworzyć i regularnie aktualizować polityki cyberbezpieczeństwa obejmujące: audyty bezpieczeństwa, centralne repozytoria danych, procedury reagowania na incydenty, testy i symulacje sytuacji kryzysowych.

2. Zapewnić minimalne standardy bezpieczeństwa dla wszystkich systemów podłączonych do miejskiej infrastruktury (w tym rozwiązań IoT i systemów partnerskich),
3. Organizować szkolenia z cyberbezpieczeństwa kierować nie tylko do pracowników IT, lecz do całego personelu urzędu, a także – w podstawowym zakresie – do mieszkańców (np. kampanie o bezpiecznym korzystaniu z e-usług).

Dziesiąty obszar zwraca uwagę na znaczenie współpracy między miastami oraz systematyczną wymianę dobrych praktyk jako mechanizm przyspieszający uczenie się i konwergencję modeli smart city. Tym samym władze miast powinny

1. Traktować zróżnicowanie strategii (Urban Lab, living lab, biura innowacji, rozproszone modele) jako źródło wiedzy i dobrych praktyk, a nie barierę.
2. Tworzyć platformy współpracy między miastami (sieci tematyczne, wspólne projekty pilotażowe, wymiana danych i wskaźników), które umożliwią: porównywanie postępów w sześciu wymiarach smart city, rozwój wspólnych standardów i narzędzi, obniżanie kosztów dzięki wspólnym rozwiązaniom.

Tak sformułowane rekomendacje odzwierciedlają różnorodność lokalnych strategii, a jednocześnie wskazują wspólne kierunki, które mogą pomóc samorządom przejść od fazy pilotaży i rozwiązań rozproszonych do dojrzałych, zintegrowanych ekosystemów smart city zorientowanych na mieszkańca.

7. Synteza wyników badań ilościowych i implikacje dla rozwoju systemu zarządzania danymi w miastach

Część ilościowa kwestionariusza, stanowiąca drugi moduł badania, została opracowana jako narzędzie empirycznej oceny poziomu dojrzałości cyfrowej miast w wymiarze porównawczym – zarówno w skali krajowej, jak i europejskiej. Jej zasadniczym celem było pozyskanie spójnych i obiektywnych danych liczbowych pozwalających na pomiar zaawansowania wdrażania koncepcji smart city w ujęciu wskaźnikowym. Konstrukcja narzędzia opierała się na założeniu, że ocena transformacji cyfrowej wymaga połączenia perspektywy technologicznej, infrastrukturalnej i organizacyjnej, a dane liczbowe mogą stanowić fundament do modelowania syntetycznych miar dojrzałości.

Struktura części ilościowej obejmowała sześć filarów koncepcji smart city, zgodnie z klasyfikacją stosowaną w normach ISO 37120, ISO 37122 i ISO 37123 oraz wynikających

ze strategii rozwoju miast. Dla każdego z nich zdefiniowano zestaw zmiennych odzwierciedlających kluczowe aspekty rozwoju cyfrowego miasta – od infrastruktury technicznej po wykorzystanie danych w procesach decyzyjnych. Łącznie wyodrębniono około 100 wskaźniki ilościowe, rozmieszczone w następujący sposób:

- Smart Mobility – wskaźniki, obejmujące m.in. liczbę węzłów przesiadkowych z czujnikami ruchu, udział sygnalizacji objętej systemami ITS, liczbę stacji ładowania pojazdów elektrycznych, odsetek ulic z monitoringiem natężenia ruchu, a także udział pojazdów nisko- i zeroemisyjnych we flotach miejskich.
- Smart Environment – wskaźniki dotyczące jakości powietrza, gospodarki wodnej i energetycznej, udziału OZE, liczby stacji monitorowania środowiska, długości sieci objętych zdalnym monitoringiem, liczników typu smart grid oraz inteligentnych systemów gospodarki odpadami.
- Smart Governance – wskaźniki obejmujących liczbę usług e-administracji, liczbę mieszkańców korzystających z portali miejskich, skalę wdrożeń platform cyfrowych, zasięg monitoringu przestrzennego i średni czas obsługi procesów administracyjnych.
- Smart People – wskaźniki odnoszące poziomu kompetencji cyfrowych, liczby programów edukacyjnych i konsultacyjnych, procesów współrzędzenia oraz wykorzystania narzędzi partycypacyjnych w planowaniu miejskim.
- Smart Economy – wskaźniki dotyczące liczby inwestycji ICT, skali wsparcia dla innowacyjności, liczby firm działających w klastrach i inkubatorach, poziomu cyfryzacji usług gospodarczych oraz liczby płatności elektronicznych w systemach miejskich.
- Smart Living – wskaźniki mierzące stopień digitalizacji usług kulturalnych i zdrowotnych, liczbę e-programów profilaktycznych, usług rekreacyjnych dostępnych online oraz stopień zdigitalizowania zasobów kultury.

Tak zdefiniowany zestaw wskaźników miał charakter międzynarodowo porównywalny i został skonstruowany w sposób umożliwiający ich wykorzystanie zarówno w analizie przekrojowej (między miastami), jak i dynamicznej (w perspektywie czasowej). Ich łączna liczba i zróżnicowanie tematyczne odzwierciedlały dążenie do uchwycenia złożoności procesów cyfrowej transformacji – nie tylko w wymiarze infrastrukturalnym, lecz także społecznym i instytucjonalnym.

W praktyce realizacja modułu ilościowego ujawniła jednak, że problemy z dostępnością, spójnością i kompletnością danych występowały we wszystkich badanych miastach, niezależnie od ich położenia geograficznego czy poziomu rozwoju gospodarczego. W żadnym przypadku nie udało się pozyskać pełnych i jednorodnych informacji obejmujących wszystkie zaplanowane wskaźniki. Dane okazywały się rozproszone pomiędzy różne instytucje miejskie, publikowane w nieporównywalnych formatach lub nieaktualizowane w sposób systematyczny. W wielu przypadkach brakowało również metadanych opisujących źródło, sposób pozyskania oraz częstotliwość aktualizacji informacji, co uniemożliwiało ich wykorzystanie w analizach porównawczych i budowie syntetycznego indeksu dojrzałości cyfrowej.

Zidentyfikowane różnice miały charakter zarówno technologiczny, jak i instytucjonalny. W wielu przypadkach dane o charakterze ilościowym pozostają rozproszone pomiędzy różne podmioty – jednostki miejskie, spółki komunalne, operatorów infrastruktury czy zewnętrznych dostawców technologicznych – co znacząco utrudnia ich integrację i weryfikację na poziomie miasta. Dodatkowym źródłem niejednorodności jest sposób praktycznej interpretacji międzynarodowych standardów, w tym norm ISO 37120, ISO 37122 i ISO 37123. Nawet tam, gdzie standardy te zostały formalnie przyjęte, różnice w ich stosowaniu obejmują m.in. definicje infrastruktury inteligentnej, zakres raportowania emisji, klasyfikację usług cyfrowych czy sposób pomiaru wskaźników efektywności energetycznej. W rezultacie, mimo istnienia wspólnych ram odniesienia, praktyka raportowania danych miejskich pozostaje niespójna, co znacząco ogranicza możliwość ich porównywania i wykorzystania w badaniach empirycznych.

Z metodologicznego punktu widzenia zidentyfikowane trudności unaocznily istnienie asymetrii informacyjnej między deklaratywnym wymiarem polityk smart city a rzeczywistym poziomem zarządzania danymi. Luka ta ma wymiar strukturalny – odzwierciedla zróżnicowany stopień rozwoju systemów informacyjnych, dostęp do narzędzi analitycznych oraz kulturę zarządzania wiedzą w administracji miejskiej.

Mimo ograniczonej kompletności danych, część ilościowa badania przyniosła wartościowe rezultaty diagnostyczne. Umożliwiła identyfikację obszarów, w których występują największe deficyty w zakresie gromadzenia danych – zwłaszcza w wymiarze środowiskowym, energetycznym i infrastrukturalnym – oraz potwierdziła, że zdolność do

systematycznego pomiaru i udostępniania danych stanowi jeden z kluczowych komponentów dojrzałości cyfrowej miasta.

W ujęciu poznawczym wyniki te podkreślają potrzebę rozwoju zintegrowanych, spójnych i kompatybilnych systemów zarządzania danymi miejskimi (Urban Data Management Systems) w skali europejskiej, które umożliwiłyby harmonizację wskaźników, ich bieżącą aktualizację i publiczny dostęp. Wymaga to opracowania wspólnego europejskiego standardu raportowania danych miejskich, który stanowiłby podstawę do tworzenia syntetycznych indeksów i porównań między miastami.

Konstatując. Część ilościowa badania – mimo ograniczeń empirycznych – dostarczyła cennej wiedzy o stanie infrastruktury informacyjnej europejskich miast. Ujawniła, że prawdziwa dojrzałość cyfrowa nie sprowadza się do samego wdrażania technologii, lecz polega na zdolności do mierzenia, analizowania i komunikowania efektów cyfryzacji w sposób spójny, wiarygodny i porównywalny.

Wstępne działania analityczne pokazały jednak, że choć możliwość uzupełnienia brakujących informacji za pomocą danych wtórnych jest realna, to stopień ich kompletności i porównywalności pozostaje ograniczony. Już na tym etapie badań stało się jasne, że nawet tam, gdzie dane są formalnie dostępne, różnice w sposobie ich definiowania, aktualizacji i raportowania znacząco utrudniają ich wykorzystanie do celów badawczych i diagnostycznych.

Wobec ograniczeń w pozyskaniu pełnych danych ankietowych, zespół badawczy podjął działania mające na celu częściowe uzupełnienie braków poprzez analizę danych wtórnych dostępnych w otwartych źródłach krajowych i europejskich. Celem tego etapu jest weryfikacja możliwości wykorzystania istniejących zbiorów informacji publicznych do rekonstrukcji wskaźników odnoszących się do poszczególnych wymiarów koncepcji smart city. Takie podejście pozwala ograniczyć wpływ braków empirycznych, a jednocześnie rozszerza zakres analizy o dane porównawcze dotyczące szerszej grupy miast europejskich. Wstępne rozpoznanie wskazuje, że część pierwotnie zaplanowanych wskaźników – zwłaszcza dotyczących mobilności, środowiska, cyfryzacji administracji oraz innowacyjności gospodarki – może zostać odtworzona lub przybliżona na podstawie ogólnodostępnych zbiorów danych, choć jedynie w sposób fragmentaryczny i niepełny.

Wstępne działania analityczne pokazały jednak, że choć możliwość uzupełnienia brakujących informacji za pomocą danych wtórnych jest realna, to stopień ich

kompletności i porównywalności pozostaje ograniczony. Już na tym etapie badań stało się jasne, że nawet tam, gdzie dane są formalnie dostępne, różnice w sposobie ich definiowania, aktualizacji i raportowania znacząco utrudniają ich wykorzystanie do celów badawczych i diagnostycznych.

Jednocześnie analiza procesu pozyskiwania danych ujawniła, że różne miasta w Europie nie tylko dysponują odmiennymi zasobami informacyjnymi, ale także stosują różne metody ich gromadzenia i raportowania, co w praktyce uniemożliwia porównywalność nawet w obrębie jednego kraju. Brak wspólnych definicji wskaźników, niespójne formaty raportowania oraz rozproszenie odpowiedzialności za dane pomiędzy różne jednostki organizacyjne sprawiają, że nie istnieje jednolity system monitorowania rozwoju cyfrowego miast. W efekcie, większość jednostek samorządowych nie posiada obecnie narzędzi umożliwiających obiektywną ocenę własnego poziomu zaawansowania w obszarze smart city, ani mechanizmów pozwalających na śledzenie postępów w czasie.

Zespół badawczy, dostrzegając ten deficyt, planuje w dalszym etapie opracowanie propozycji zestawu obiektywnych, porównywalnych wskaźników, które mogłyby być gromadzone przez miasta w sposób jednolity i cyklicznie udostępniane w formacie open data. Taki zestaw nie miałby charakteru narzędzia rankingowego, lecz stanowiłby ramę samooceny i planowania rozwojowego, umożliwiającą władzom samorządowym monitorowanie stanu cyfrowej transformacji oraz identyfikację obszarów wymagających wzmocnienia. W dłuższej perspektywie stworzenie takiego systemu mogłoby przyczynić się do budowy europejskiego modelu zarządzania wiedzą o miastach inteligentnych, opartego na transparentnych, spójnych i kompatybilnych danych.

8. Podsumowanie poziomu dojrzałości smart city, kluczowe czynniki sukcesu, identyfikacja barier

Analiza wyników badania pozwala stwierdzić, że poziom dojrzałości koncepcji smart city w miastach europejskich, w tym w polskich jednostkach samorządowych, jest zróżnicowany i niejednorodny zarówno pod względem technologicznym, jak i instytucjonalnym. Pomimo intensywnego rozwoju technologii cyfrowych oraz rosnącej liczby inicjatyw wdrażanych w obszarach mobilności, środowiska, administracji publicznej, energetyki czy gospodarki przestrzennej, stopień ich integracji i wykorzystania danych w procesach decyzyjnych pozostaje ograniczony. Działania podejmowane przez

wiele miast mają charakter sektorowy, incydentalny i często nie są włączone w spójną strategię cyfrowego zarządzania rozwojem. Przyjęty w badaniu zestaw wskaźników, opracowany w oparciu o międzynarodowe normy ISO 37120, ISO 37122 i ISO 37123, obejmował sześć wymiarów koncepcji smart city: Smart Environment, Smart Mobility, Smart Living, Smart Governance, Smart Economy oraz Smart People. W każdym z nich zidentyfikowano zarówno czynniki infrastrukturalne, jak i organizacyjne, umożliwiające diagnozę stopnia zaawansowania transformacji cyfrowej w badanych miastach. Pomimo metodycznej spójności narzędzia badawczego, zebrane dane ilościowe okazały się fragmentaryczne, niejednorodne i w wielu przypadkach nieporównywalne. Dane te były rozproszone pomiędzy wydziały urzędów miejskich, spółki komunalne i operatorów infrastruktury, a także różniły się zakresem, częstotliwością aktualizacji i sposobem klasyfikacji. W efekcie, mimo deklarowanego wdrażania standardów ISO, brak spójnych definicji wskaźników i niejednolity sposób ich raportowania uniemożliwiły przeprowadzenie pełnej analizy porównawczej oraz budowę syntetycznego indeksu dojrzałości smart city.

Ograniczenia te ujawniają fundamentalny problem strukturalny – większość miast nie dysponuje obecnie narzędziami umożliwiającymi systematyczną i obiektywną ocenę własnego poziomu rozwoju cyfrowego, a tym samym nie posiada możliwości efektywnego planowania transformacji w oparciu o dane. Brak interoperacyjnych systemów informacyjnych, rozproszenie danych, niska kultura zarządzania informacją i niedostateczny poziom kompetencji cyfrowych w administracji lokalnej utrudniają przejście od cyfryzacji procesów do zintegrowanego zarządzania opartego na wiedzy. W odpowiedzi na te ograniczenia zespół badawczy opracował koncepcyjną macierz rozwoju Smart City 4.0, stanowiącą model analityczny pozwalający klasyfikować miasta według dwóch wzajemnie powiązanych wymiarów: poziomu integracji technologicznej oraz poziomu dojrzałości cyfrowej zarządzania. Wymiary te, choć wzajemnie od siebie zależne, odnoszą się do odmiennych aspektów funkcjonowania miasta – pierwszy dotyczy strukturalno-technologicznego zaplecza cyfrowego, drugi zaś – kultury organizacyjnej i zdolności instytucjonalnej do wykorzystania danych w praktyce zarządczej.

Poziom integracji technologicznej mierzy stopień, w jakim systemy i technologie funkcjonujące w mieście są ze sobą powiązane, współdziałające systemy miejskie, zdolne do wymiany danych w sposób automatyczny, bez konieczności ręcznej interwencji.

Obejmuje to zarówno skalę, jak i charakter wdrożeń technologicznych – od pojedynczych, niezależnych rozwiązań (np. lokalne aplikacje, czujniki środowiskowe, systemy oświetlenia) po kompleksowe, zintegrowane platformy zarządzania danymi miejskimi. W praktyce różnicę między niskim a wysokim poziomem integracji można uchwycić w trzech wymiarach:

- (1) zakres technologiczny – liczba i różnorodność zastosowanych technologii cyfrowych w sektorach miejskich (transport, energia, środowisko, administracja, bezpieczeństwo). Niski poziom oznacza pojedyncze wdrożenia sektorowe, natomiast wysoki – spójny ekosystem technologiczny łączący różne obszary funkcjonowania miasta;
- (2) stopień interoperacyjności – zdolność systemów do komunikowania się między sobą i wymiany danych w czasie rzeczywistym. Na niższych poziomach dominują systemy zamknięte, działające niezależnie, podczas gdy wyższy poziom integracji zakłada otwarte API, wspólne bazy danych i zgodność standardów informacyjnych;
- (3) skala integracji przestrzennej – sposób, w jaki technologie obejmują obszar całego miasta. Niski poziom dotyczy wdrożeń lokalnych lub pilotażowych, średni – rozwiązań sektorowych w skali miejskiej, a wysoki – zintegrowanych systemów obejmujących całość infrastruktury miejskiej.

Pomiar poziomu integracji technologicznej opiera się zatem na ocenie nie tylko liczby wdrożeń, lecz także ich komplementarności i zdolności współdziałania. Wysoki poziom oznacza, że miasto nie tylko stosuje zaawansowane technologie, lecz także potrafi je ze sobą połączyć w jeden funkcjonalny organizm cyfrowy.

Z kolei poziom dojrzałości cyfrowej zarządzania odnosi się do instytucjonalnej zdolności miasta do wykorzystywania danych i technologii w planowaniu, monitorowaniu i podejmowaniu decyzji strategicznych. Obejmuje nie tylko aspekty techniczne (dostępność danych i narzędzi analitycznych), ale również kulturowe i kompetencyjne – w tym umiejętność interpretacji danych, ich integracji z procesami decyzyjnymi oraz tworzenia polityk opartych na dowodach (evidence-based policymaking). Dojrzałość cyfrową można zatem mierzyć w trzech komplementarnych wymiarach:

- (1) dojrzałość instytucjonalna – stopień zakorzenienia zarządzania danymi w strukturze organizacyjnej urzędu miasta. Na niskim poziomie dane są gromadzone ad hoc i wykorzystywane w sposób fragmentaryczny, podczas gdy wysoki poziom oznacza

istnienie formalnej polityki danych, dedykowanych jednostek analitycznych oraz procedur integracji danych z procesem planowania strategicznego;

- (2) dojrzałość operacyjna – sposób, w jaki dane są wykorzystywane w bieżącym zarządzaniu. W miastach o niskiej dojrzałości decyzje podejmowane są intuicyjnie lub w oparciu o dane historyczne, natomiast w miastach wysoko rozwiniętych decyzje opierają się na analizach predykcyjnych, symulacjach i modelach cyfrowych, w tym cyfrowych bliźniakach (digital twins);
- (3) dojrzałość kulturowa – rozumiana jako gotowość organizacyjna i kompetencyjna pracowników administracji do pracy z danymi. Obejmuje poziom świadomości znaczenia danych, umiejętność ich interpretacji oraz otwartość na technologie wspierające decyzje. W ten sposób niska dojrzałość cyfrowa przejawia się w braku systematycznego wykorzystania danych i dominacji decyzji opartych na doświadczeniu, natomiast wysoka – w istnieniu kultury zarządzania opartej na wiedzy, danych i analizie predykcyjnej.

Relacja między obiema osiami macierzy ma charakter synergiczny: wzrost poziomu integracji technologicznej sprzyja rozwojowi dojrzałości cyfrowej zarządzania, ale jej osiągnięcie wymaga również odpowiedniego zaplecza instytucjonalnego, kompetencyjnego i kulturowego. Miasto może więc posiadać rozbudowaną infrastrukturę technologiczną, lecz przy niskiej dojrzałości zarządczej nie będzie w stanie w pełni wykorzystać jej potencjału. W tym sensie macierz Smart City 4.0 nie opisuje jedynie technologicznego postępu, ale przede wszystkim proces dojrzewania systemowego, w którym technologia i zarządzanie wzajemnie się warunkują.

Kombinacja tych dwóch wymiarów pozwala wyodrębnić cztery modelowe etapy rozwoju miast: inicjujący, funkcjonalny, analityczny i transformacyjny. Każdy z nich reprezentuje odmienny poziom integracji technologicznej i dojrzałości cyfrowej zarządzania, stanowiąc etap na drodze do pełnego modelu Smart City 4.0 (tab. 9)

Tabela 9. Poziomy dojrzałości smart city w zależności od integracji technologicznej

Poziom dojrzałości / Integracja technologiczna	Niska integracja (rozwiązania punktowe)	Średnia integracja (systemy sektorowe)	Wysoka integracja (system miejski)
Etap I – miasta inicjujące	Projekty pilotażowe, zastosowanie podstawowych	–	–

	czujników, brak integracji danych.		
Etap II – miasta funkcjonalne	Izolowane wdrożenia ITS, inteligentnego oświetlenia lub e-administracji.	Integracja systemów w wybranym sektorze (np. mobilność, energia).	–
Etap III – miasta analityczne	–	Wykorzystanie analityki danych i IoT w wybranych obszarach.	Tworzenie miejskich platform danych, łączenie sektorów.
Etap IV – miasta transformacyjne (Smart City 4.0)	–	–	Zintegrowane zarządzanie w czasie rzeczywistym, wykorzystanie AI, blockchaina i cyfrowych bliźniaków (digital twins).

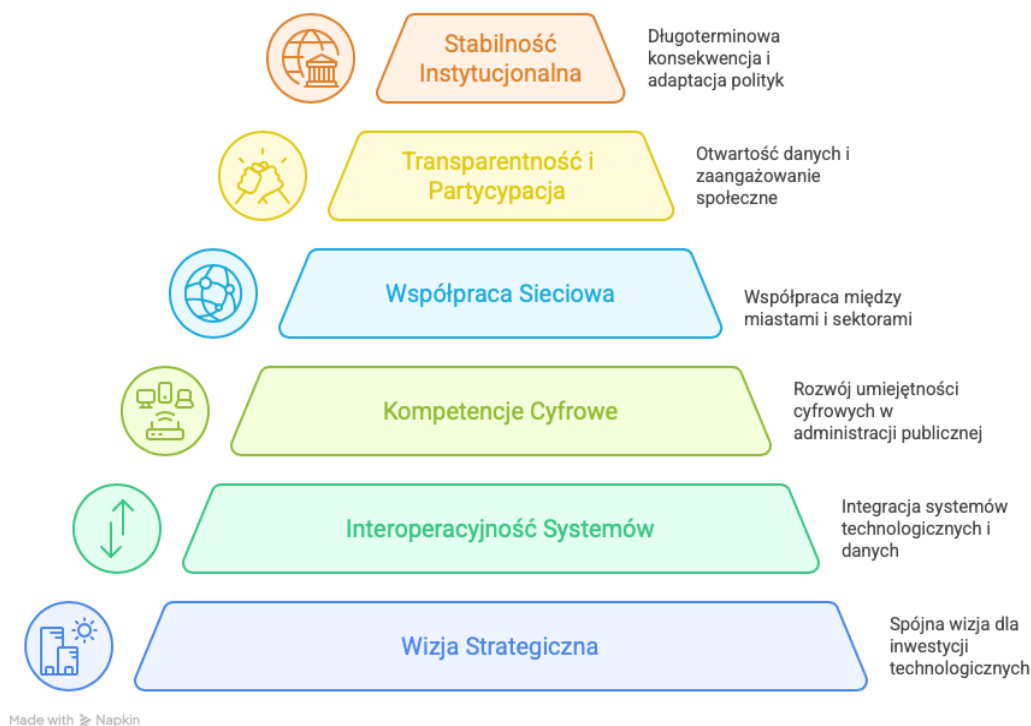
Źródło: opracowanie własne.

Miasta znajdujące się na etapie inicjującym charakteryzują się niskim poziomem integracji technologicznej oraz brakiem spójnej polityki danych. Działania podejmowane w obszarze smart city mają najczęściej charakter incydentalny i realizowane są bez strategicznej koordynacji. Typowe są pojedyncze wdrożenia – aplikacje miejskie, czujniki jakości powietrza czy e-płatności za parkowanie – które, choć stanowią krok w stronę cyfryzacji, nie tworzą zintegrowanego systemu. Ich głównymi barierami są brak wizji długofalowej, niedobór środków finansowych oraz niska świadomość korzyści wynikających z cyfrowej transformacji. Na wyższym poziomie znajdują się miasta funkcjonalne, które wdrażają bardziej rozwinięte rozwiązania sektorowe, szczególnie w obszarach transportu, energetyki czy ochrony środowiska. Systemy te, mimo że efektywne w swoich dziedzinach, funkcjonują najczęściej w izolacji, a brak koordynacji międzysektorowej prowadzi do powstawania silosów informacyjnych. Choć miasta te posiadają już określony potencjał technologiczny, brakuje im spójnej architektury danych i zdolności do wykorzystania informacji w planowaniu strategicznym. Miasta analityczne reprezentują kolejny etap rozwoju, w którym następuje integracja danych w ramach miejskich platform informacyjnych. Umożliwiają one prowadzenie analiz przekrojowych, monitorowanie wskaźników w czasie rzeczywistym i podejmowanie decyzji w oparciu o dane. Wdrażane są rozwiązania klasy Open Data oraz analizy Big Data, wspierające zarządzanie mobilnością, środowiskiem i energią. Wyzwaniem pozostaje jednak utrzymanie bezpieczeństwa danych, zapewnienie zgodności z regulacjami o ochronie prywatności oraz rozwój kompetencji analitycznych w administracji. Na najwyższym

poziomie dojrzałości znajdują się miasta transformacyjne, określane mianem Smart City 4.0. W tych ośrodkach technologie Industry 4.0 (AI, IoT, cyfrowe bliźniaki, analiza predykcyjna, blockchain) stanowią podstawę zintegrowanego zarządzania miejskiego. Dane są gromadzone, analizowane i wykorzystywane w sposób ciągły, a decyzje podejmowane w czasie rzeczywistym w oparciu o modele predykcyjne. Miasta te funkcjonują jako dynamiczne systemy uczące się, zdolne do przewidywania problemów i proaktywnego reagowania na potrzeby mieszkańców. Kluczowymi wyzwaniami pozostają wysokie koszty utrzymania infrastruktury cyfrowej, kwestie etyki danych oraz przeciwdziałanie wykluczeniu cyfrowemu.

Macierz Smart City 4.0 stanowi zatem ramę odniesienia dla polityk miejskich, umożliwiającą nie tylko diagnozę aktualnego poziomu rozwoju, ale także planowanie ścieżki dojrzewania cyfrowego. Zidentyfikowane w badaniu czynniki sukcesu obejmują silne przywództwo instytucjonalne, interoperacyjność systemów, rozwój kompetencji cyfrowych, współpracę z sektorem nauki i biznesu oraz otwartość danych. Bariery rozwoju to natomiast fragmentaryzacja danych, brak standardów wymiany informacji, niedostateczna kultura zarządzania wiedzą i rozproszenie odpowiedzialności instytucjonalnej. Większość analizowanych miast europejskich i polskich znajduje się obecnie na poziomie funkcjonalno-analitycznym – pomiędzy sektorową cyfryzacją a zintegrowanym zarządzaniem danymi. Przejście do poziomu transformacyjnego wymaga nie tylko inwestycji technologicznych, lecz także głębokiej transformacji instytucjonalnej, kulturowej i kompetencyjnej. Smart City 4.0 oznacza bowiem nie jedynie wdrożenie nowoczesnych technologii, ale zmianę paradygmatu zarządzania miastem – od reaktywnego do predykcyjnego, od sektorowego do systemowego, od intuicyjnego do opartego na danych i wiedzy.

Na podstawie przeprowadzonej analizy oraz opracowanej macierzy rozwoju Smart City 4.0 zidentyfikowano zestaw kluczowych czynników sukcesu, które determinują zdolność miasta do przejścia z poziomu sektorowej cyfryzacji do zintegrowanego, predykcyjnego zarządzania opartego na danych (rys. 32).



Rysunek 32. Czynniki sukcesu w drodze do smart city 4.0

Źródło: opracowanie własne z użyciem Napkin AI.

W tym kontekście kluczowe znaczenie dla powodzenia transformacji w kierunku Smart City 4.0 mają czynniki, które łączą wymiar technologiczny z instytucjonalnym i kulturowym. Doświadczenia miast o najwyższym poziomie dojrzałości wskazują, że sukces wdrażania koncepcji inteligentnego miasta zależy w pierwszej kolejności od przyjęcia spójnej wizji strategicznej, obejmującej zarówno kierunki inwestycji technologicznych, jak i mechanizmy ich integracji z politykami publicznymi. Wizja ta, zakorzeniona w długofalowych strategiach rozwoju, umożliwia uniknięcie rozproszenia inicjatyw i pozwala budować ciągłość procesów transformacyjnych. Wysoka dojrzałość cyfrowa nie jest zatem skutkiem przypadkowych wdrożeń, lecz wynikiem celowej i planowej polityki rozwoju opartej na danych oraz ich analitycznym wykorzystaniu.

Drugim czynnikiem sukcesu jest interoperacyjność systemów technologicznych oraz otwartość architektury danych, które tworzą warunki do przepływu informacji między sektorami i jednostkami administracyjnymi. Miasta osiągające wysoki poziom integracji technologicznej budują swoje systemy w oparciu o wspólne standardy wymiany danych, stosowanie otwartych interfejsów API oraz spójne procedury gromadzenia i aktualizacji

informacji. Interoperacyjność nie stanowi jedynie technicznej właściwości systemów, lecz jest wyrazem dojrzałości instytucjonalnej – wymaga współpracy międzywydziałowej, konsolidacji kompetencji i transparentności działań. Otwarta architektura danych sprzyja tworzeniu środowiska współpracy międzysektorowej, w którym administracja, biznes, środowiska akademickie i mieszkańcy mogą współtworzyć rozwiązania oparte na wspólnych zasobach informacyjnych.

Istotnym czynnikiem sukcesu jest również rozwój kompetencji cyfrowych i analitycznych w administracji publicznej, stanowiący warunek konieczny dla wykorzystania potencjału technologicznego miasta. Kompetencje te obejmują zarówno umiejętności techniczne (obsługa narzędzi analitycznych, interpretacja danych, zarządzanie bazami informacji), jak i zdolności menedżerskie, związane z integracją danych z procesami decyzyjnymi oraz oceną skutków podejmowanych działań. Wysoko rozwinięta kultura organizacyjna oparta na danych (data-driven culture) prowadzi do przełamania tradycyjnych wzorców zarządzania i wprowadzenia paradygmatu zarządzania wiedzą.

Kolejnym warunkiem sukcesu jest współpraca sieciowa – zarówno między miastami, jak i pomiędzy sektorem publicznym, prywatnym i naukowym. Miasta, które rozwijają platformy współdzielenia wiedzy i danych, szybciej przechodzą od fazy funkcjonalnej do analitycznej, wykorzystując efekt uczenia się w ramach wspólnych ekosystemów innowacji. Tworzenie partnerstw z sektorem badawczo-rozwojowym sprzyja wdrażaniu zaawansowanych technologii, takich jak sztuczna inteligencja, analiza predykcyjna czy cyfrowe bliźniaki, przy jednoczesnym ograniczeniu kosztów i ryzyka błędnych inwestycji.

Nie mniej istotna jest transparentność i partycypacja społeczna, które stanowią podstawę zaufania do procesów cyfrowych. Otwieranie danych publicznych i udostępnianie informacji o funkcjonowaniu miasta zwiększa świadomość mieszkańców, a tym samym sprzyja współodpowiedzialności za decyzje podejmowane w oparciu o dane. Wysoka dojrzałość cyfrowa zarządzania łączy się zatem z rozwojem inteligencji zbiorowej (collective intelligence), w której mieszkańcy nie są wyłącznie odbiorcami usług, ale także współtwórcami i użytkownikami systemu miejskiego.

Ostatnim z kluczowych czynników sukcesu, który ma charakter przekrojowy, jest stabilność i konsekwencja instytucjonalna. Transformacja w kierunku Smart City 4.0 jest procesem długofalowym, którego efekty nie pojawiają się natychmiast. Wymaga

trwałości instytucji, ciągłości polityk miejskich oraz zdolności do utrzymania i rozwijania wdrożonych rozwiązań niezależnie od zmian politycznych czy organizacyjnych. Miasta, które osiągnęły wysoki poziom dojrzałości, charakteryzuje nie tylko zaawansowana infrastruktura cyfrowa, lecz także zdolność do uczenia się i adaptacji, dzięki czemu potrafią w sposób ciągły aktualizować strategie w odpowiedzi na zmiany technologiczne i społeczne.

Zestawienie tych czynników wskazuje, że sukces wdrażania koncepcji smart city nie jest prostą funkcją inwestycji w technologie, lecz rezultatem złożonej interakcji pomiędzy innowacjami technologicznymi, kulturą organizacyjną i instytucjonalną zdolnością do wykorzystania danych. Dopiero współwystępowanie tych elementów pozwala miastom na trwałe wejście w fazę transformacyjną, w której dane, technologie i zarządzanie tworzą jeden spójny system – inteligentny w sensie nie tylko technologicznym, ale i społecznym.

Spis rysunków

Rysunek 1. Struktura smart city.....	7
Rysunek 2. Wyzwania smart city.....	13
Rysunek 3. Zaangażowanie samorządu terytorialnego w cyfrowe monitorowanie środowiska	35
Rysunek 4. Wdrażanie przez miasto rozwiązań Industry 4.0 na rzecz ochrony środowiska	37
Rysunek 5. Miasto wykorzystuje narzędzi AI i dane środowiskowe	39
Rysunek 6. Działania dotyczące wykorzystania technologii cyfrowych w zarządzaniu odpadami i recyklingiem.....	40
Rysunek 7. Zasoby miasta umożliwiają cyfrowe zarządzanie środowiskiem	42
Rysunek 8. Zakres wykorzystania technologii Industry 4.0 w obszarze smart environmental w miastach polskich i europejskich	48
Rysunek 9. Rozwój inteligentnej i zintegrowanej mobilności w mieście	52
Rysunek 10. Dostępność nowoczesnych rozwiązań transportowych dla mieszkańców miasta	54
Rysunek 11. Wykorzystanie danych i automatyzacji w zarządzaniu transportem miejskim	56
Rysunek 12. Wpływ technologii Industry 4.0 na rozwój nowych form mobilności w mieście	57
Rysunek 13. Wpływ narzędzi cyfrowych na efektywność transportu w mieście.....	59
Rysunek 14. Różnice w rozwoju narzędzi Industry 4.0 w obszarze smart mobility	62
Rysunek 15. Technologie cyfrowe wpływają na jakość życia mieszkańców.....	66
Rysunek 16. Społeczny odbiór nowoczesnych technologii w mieście.....	67
Rysunek 17. Poziom rozwoju infrastruktury cyfrowej w mieście.....	69
Rysunek 18. Wykorzystanie danych przez miasto w celu poprawy jakości życia mieszkańców.....	73
Rysunek 19. Różnice w zakresie wykorzystania narzędzi ICT w obszarze smart living między miastami polskimi i europejskimi	75
Rysunek 20. Orientacja administracji miejskiej na cyfryzację usług publicznych.....	80
Rysunek 21. Wpływ rozwiązań Industry 4.0 na efektywność zarządzania miastem.....	83

Rysunek 22. Miasto podejmuje działania dotyczące gotowości mieszkańców do korzystania z miejskich usług cyfrowych	85
Rysunek 23. Wpływ barier kompetencyjnych na proces cyfrowej transformacji miasta.	88
Rysunek 24. Poziom bezpieczeństwa danych miejskich	91
Rysunek 25. Zakres wykorzystania narzędzi ICT w obszarze smart governance w miastach polskich i europejskich	97
Rysunek 26. Efektywność zarządzania zużyciem energii przez miasto Źródło: opracowanie na podstawie badań własnych.....	102
Rysunek 27. Wykorzystanie technologii Industry 4.0 w gospodarce odpadami miejskimi	105
Rysunek 28. Zaangażowanie mieszkańców w cyfrowe systemy gospodarki odpadami	107
Rysunek 29. Wpływ ograniczeń finansowych na rozwój miejskich rozwiązań energetycznych	109
Rysunek 30. Zakres wykorzystania narzędzi Industry 4.0 w obszarze smart economy w miastach polskich i europejskich	114
Rysunek 31. Zakres wykorzystania narzędzi ICT w obszarze smart people w miastach polskich i europejskich	127
Rysunek 32. Czynniki sukcesu w drodze do smart city 4.0.....	162

Spis tabel

Tabela 1. Syntetyczne zestawienie poziomu cyfrowej dojrzałości miast w wymiarze Smart Environment.....	49
Tabela 2. Syntetyczne zestawienie poziomu cyfrowej dojrzałości miast w wymiarze Smart Mobility.....	63
Tabela 3. Syntetyczne zestawienie poziomu cyfrowej dojrzałości miast w wymiarze Smart Living.....	77
Tabela 4. Poziom rozwoju cyfrowego zarządzania (Smart Governance) w miastach polskich i europejskich	98
Tabela 5. Syntetyczne zestawienie poziomu cyfrowej dojrzałości miast w wymiarze Smart Economy	116
Tabela 6. Syntetyczne zestawienie poziomu cyfrowej dojrzałości miast w wymiarze Smart People.....	128
Tabela 7. Profil transformacji cyfrowej i kierunki rozwoju w sześciu polskich miastach	133
Tabela 8. Obraz wdrożeń w sześciu wymiarach smart city w badanych miastach.....	146
Tabela 9. Poziomy dojrzałości smart city w zależności od integracji technologicznej ..	159