

Eliza Kalbarczyk¹, Robert Kalbarczyk², Beata Raszka²

¹ Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej

ekalb@amu.edu.pl,  <https://orcid.org/0000-0002-4871-2483>

² Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Gospodarki Przestrzennej i Architektury Krajobrazu

RK: robert.kalbarczyk@upwr.edu.pl,  <https://orcid.org/0000-0002-0564-8653>

BR: beata.raszka@upwr.edu.pl,  <https://orcid.org/0000-0002-1757-2625>

Wzorce adaptacji miejskiej wobec zidentyfikowanych zagrożeń klimatycznych w Polsce

Zarys treści: Celem pracy było określenie wzorców reakcji miast na zidentyfikowane zagrożenia klimatyczne i ich zróżnicowanie przestrzenne. Wzorce struktury działań wobec zagrożeń klimatycznych wyłoniono za pomocą hierarchicznej analizy skupień. Zidentyfikowano cztery wzorce adaptacji miejskiej w Polsce. W miastach położonych w strefie wybrzeża Bałtyku największej liczbie zagrożeń klimatycznych towarzyszył duży udział działań reaktywnych. W miastach wschodniej i północno-wschodniej Polski podejmowane były głównie działania adaptacyjne, południowej i centralnej Polski – antycypacyjne i mitygacyjne. W miastach na zachodzie kraju częściej planowane były działania łączące adaptację z mitygacją. Wykazano, że strategie adaptacyjne miast nie były przypadkowe, lecz powiązane z liczbą zagrożeń i położeniem geograficznym.

Słowa kluczowe: analiza skupień, miejskie plany adaptacji, rodzaje działań, wzorce adaptacji, zmiana klimatu

Wprowadzenie

Szeroko rozumiane ograniczanie ryzyka klęsk żywiołowych i adaptacja do zmiany klimatu stają się coraz ściślej powiązane poprzez wspólne cele, tj. ograniczanie skutków zdarzeń ekstremalnych i zwiększanie odporności miast na klęski żywiołowe, szczególnie wśród wrażliwych populacji miejskich (Solecki i in. 2011, Begum i in. 2014). Pomimo zbieżności tych nadrzędnych celów redukcja ryzyka katastrof i adaptacja do zmiany klimatu historycznie rozwijały się równolegle, co skutkowało fragmentarycznymi strategiami i brakiem systematycznych synergii. Stopniowo, w celu przezwyciężenia negatywnych skutków zmiany klimatu,

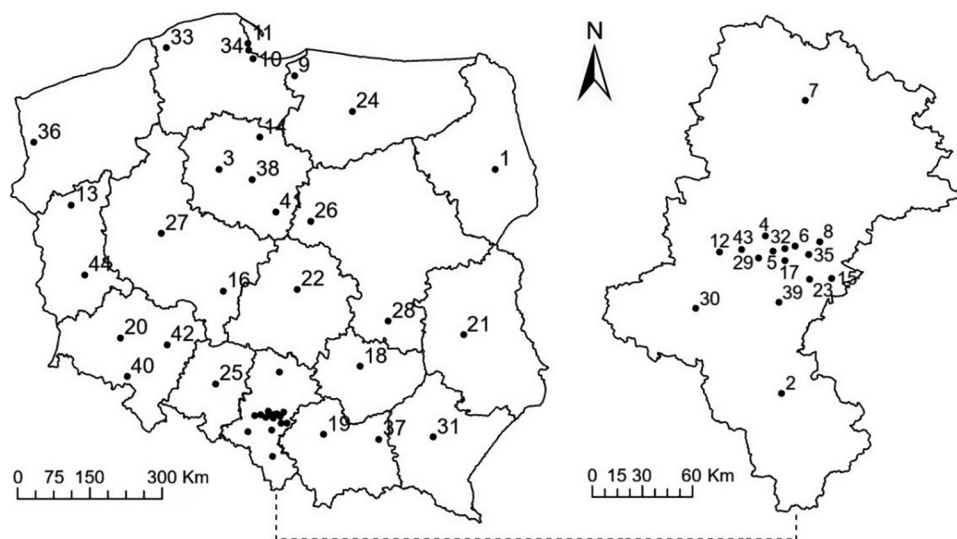
zaczęto upowszechniać wdrażanie działań adaptacyjnych zgodnie z koncepcją kompleksowego zarządzania ryzykiem klimatycznym (Travis, Bates 2014, Wen i in. 2023). Rosnące częstotliwość i intensywność zagrożeń związanych z klimatem (Graczyk i in. 2017, Tylkowski 2017, Wibig 2017, Kalbarczyk, Kalbarczyk 2024) nasilają potrzebę zintegrowanej i przyszłościowej reakcji. Według Simpson i in. (2023) ryzyko klimatyczne może wynikać z obecnie dostępnych ścieżek planowania adaptacji, z nieodpowiednich reakcji adaptacyjnych do zmiany klimatu, jak również z braku działania. Badania przeprowadzone w 885 europejskich miastach wykazały, że pomiędzy krajami występują duże różnice w zakresie powszechności i kompleksowości lokalnych planów klimatycznych (Reckien i in. 2018). Reakcje władz miejskich na ryzyko klimatyczne są często de facto powiązane ze strategiami łagodzenia zagrożeń i gotowości na katastrofy (Hardoy, Lankao 2011, Solecki 2011). Rozwój multidyscyplinarnego podejścia, które wyraźnie łączy redukcję ryzyka katastrof i adaptację do zmiany klimatu, jest niezbędny do sformułowania bardziej spójnych, efektywnych i zrównoważonych strategii, dzięki którym inicjatywy w zakresie adaptacji i redukcji ryzyka będą się wzajemnie wzmacniać, a nie dublować.

W Polsce doświadczenie w planowaniu adaptacji ma stosunkowo krótką historię. Pomijając pionierskie opracowanie dla Bydgoszczy z 2010 r. (Plan ochrony klimatu... 2010), miejskie plany adaptacji zaczęły być przygotowywane jako dokumenty fakultatywne, po 2015 r. Za okres pionierskiego planowania adaptacji można więc przyjąć okres do 2020 r., kiedy to 44 polskie miasta opracowały plany adaptacji w ramach projektu Ministerstwa Środowiska (MŚ) „Opracowanie planów adaptacji do zmian klimatu w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców. Wczujmy się w klimat!” (MPA44), a kolejne 5 miast średniej wielkości opracowało plany adaptacji w projekcie CLIMCITIES (2017). Kazanci i in. (2026), określając plany adaptacji tworzone w latach 2010. jako „plan pierwszej generacji”, stwierdzili, że służyły one jako podstawowe dokumenty skupione na identyfikacji ryzyka. Według tych autorów po 2020 r. powstaje „druga generacja” planów, charakteryzująca się konkretnymi priorytetami, dedykowanym finansowaniem oraz instytucjonalizacją sprawiedliwości klimatycznej. W miarę jak polityki adaptacyjne przechodzą z lat 2010. (pierwsza generacja) do lat 2020. (druga generacja), stają się one szersze, bardziej zintegrowane i nastawione na działanie (Kazanci i in. 2026). Od roku 2025 wszystkie polskie miasta liczące powyżej 20 tys. mieszkańców mają obowiązek przygotowania miejskich planów adaptacji w ciągu 2 lat, tj. do 2 stycznia 2028 r. (Ustawa z dnia 27 listopada 2024 r.). Można więc uznać, że w najbliższym czasie kolejne miasta w Polsce staną przed zadaniem, najpierw – opracowania, a następnie – ewaluacji i modyfikacji już istniejących MPA (Kalbarczyk i in. 2025). Tym samym, wobec braku opracowania wskazującego prawidłowości w dotychczasowej reakcji miast na zagrożenia klimatyczne, warto zbadać, czy już istniejące plany adaptacji „pierwszej generacji” wpisują się w kompleksowe podejście do zarządzania ryzykiem klimatycznym (Begum i in. 2014, Travis, Bates 2014) i mogą stanowić punkt odniesienia nowo powstających planów.

Celem pracy było określenie wzorców reakcji miast na zidentyfikowane zagrożenia klimatyczne w pierwszym okresie planowania adaptacji do zmiany klimatu w Polsce, tj. do roku 2020. Podjęto również próbę określenia ich zróżnicowania przestrzennego i opracowania katalogu najczęściej planowanych działań adaptacyjnych i mitygujących. Na potrzeby badania sformułowano hipotezę, że duża liczba zidentyfikowanych zagrożeń klimatycznych skutkuje większą liczbą bardziej zróżnicowanych działań zaplanowanych w miejskim planie adaptacji, w porównaniu do planów miast o małej liczbie tych zagrożeń.

Material i metody

Do badań wykorzystano miejskie plany adaptacji (MPA) do zmiany klimatu 44 miast w Polsce (ryc. 1), utworzone w latach 2017–2020 w ramach projektu Ministerstwa Środowiska (MŚ) „Opracowanie planów adaptacji do zmian klimatu w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców. Wczujmy się w klimat!” (MPA44). Plany te stanowią bardzo dobry materiał badawczy ze względu na ich porównywalność – mają zbliżony czas powstania, taką samą metodykę, te same elementy i strukturę zawartości.



Ryc. 1. Lokalizacja miast w Polsce, których plany adaptacji do zmiany klimatu uwzględniono w badaniach

Źródło: opracowanie własne.

Polskie miasta przystępowały dobrowolnie do projektu na mocy porozumień zawieranych pomiędzy MŚ a prezydentami miast, stanowiących deklarację udziału w projekcie. W 2015 r. do projektu MŚ dołączyło 38 miast, z których każde zamieszkiwało wówczas ponad 100 tys. osób, a także dodatkowo 6 miast

o mniejszej liczbie ludności (tab. A1). Przygotowaniem planów adaptacji objęto 1,8% powierzchni kraju zamieszkaną aktualnie przez 23,8% mieszkańców Polski.

Prace badawcze rozpoczęto od identyfikacji głównych zagrożeń klimatycznych (tab. 1) wskazanych przez ekspertów i opisanych w 44 MPA (Dumieński i in. 2019, Hajto i in. 2023) oraz określenia ich przestrzennego zróżnicowania. Kryteriami wyboru przez ekspertów najbardziej istotnych zagrożeń klimatycznych w 44 miastach Polski były: obserwowane w wieloletnim i przewidywane w przyszłości intensywność i prawdopodobieństwo wystąpienia ekstremów meteorologicznych i hydrologicznych, a także wielkość niekorzystnych konsekwencji tych zdarzeń (Dumieński i in. 2019). Wykaz 10 najczęstszych zagrożeń klimatycznych i ich pochodnych zidentyfikowanych w 44 MPA zawiera tabela 1.

Tabela 1. Zagrożenia klimatyczne zidentyfikowane w 44 polskich miastach

Nazwa zagrożenia	Opis
Upał	Okres przynajmniej 3 dni z temperaturą maksymalną $> 30^{\circ}\text{C}$.
Intensywny opad i burza	Liczba dni z dobową sumą opadów ≥ 30 mm, tj. dni z opadem silnym oraz zjawisko meteorologiczne, którego główną cechą jest wyładowanie elektryczne oraz towarzyszący temu charakterystyczny grzmot.
Powódź miejska	Powodzie związane z niewydolnością miejskich systemów drenażowych, powstają w okresach ekstremalnych opadów.
Susza	Trwający 3 tygodnie okres bez opadów (opad do 1 mm nie jest traktowany jako przerwa ciągu bezopadowego).
Wichura	Wiatr o prędkości $\geq 15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
Powódź	Powodzie związane z wysokimi przepływami wody w rzekach, z uwzględnieniem powodzi opadowych, zatorowych i roztopowych.
Mróz	Okres przynajmniej 3 dni z temperaturą minimalną $< 0^{\circ}\text{C}$.
Powódź od strony morza	Powodzie związane ze sztormami na morzu.
Wzrost poziomu morza	Zmiana średniego poziomu morza względem okresu referencyjnego.
Osuwisko	Nagłe przemieszczanie ziemnych i skalnych mas podłoża.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Dumieński i in. (2019).

W następnym etapie przeprowadzono analizę zawartość sekcji 7 MPA „Działania adaptacyjne”, we wszystkich 44 dokumentach. Liczba działań adaptacyjnych zaplanowanych w miastach była zróżnicowana (od 10 w MPA Wałbrzycha do 45 w MPA Zielonej Góry) i opisana na różnym poziomie szczegółowości – od ogólnych wytycznych, typu „zwiększenie terenów zieleni w mieście”, po wskazanie konkretnego adresu i zakresu pracy. Łącznie przeanalizowano opisy 1026 działań adaptacyjnych.

Zaplanowane działania adaptacyjne (ADA) klasyfikowano według podziału na: reaktywne (REA) – działanie zachodzi po wystąpieniu zdarzenia, np. odbudowa po powodzi, oraz antycypacyjne (ANT) – działanie podejmowane z wyprzedzeniem, aby unikać przyszłych strat (Smit i in. 2000). Ponadto wyodrębniono działania o charakterze głównie mitygującym (MIT), czyli łagodzące nie skutki, ale zmianę klimatu (np. działania przyczyniające się do redukcji emisji gazów cieplarnianych). Na podstawie przeprowadzonej klasyfikacji działań adaptacyjnych,

dla każdego z miast określono udział działań adaptacyjnych, mitygacyjnych i adaptacyjno-mitygacyjnych (ADA-MIT) w całkowitej liczbie działań, a następnie wśród liczby działań adaptacyjnych określono udział działań reaktywnych oraz antycypacyjnych (tab. A2). Określenie typów działań posłużyło do sporządzenia wykazów najczęściej planowanych działań mitygacyjnych, antycypacyjnych i reaktywnych w dużych polskich miastach w latach 2017–2020.

Przed wykonaniem analiz statystycznych (korelacji Pearsona i analizy skupień) zmienne określające liczbę zagrożeń klimatycznych (X_{ZAG}) oraz liczbę rozpatrywanych działań (mitygacyjnych X_{MIT} , adaptacyjnych X_{ADA} , antycypacyjnych X_{ANT} , reaktywnych X_{REA} i o charakterze mieszanym $X_{ADA-MIT}$, $X_{REA-MIT}$) poddano normalizacji według formuły:

$$X_n = \frac{x_i}{x_{max}} \cdot 100\%$$

gdzie:

- x_i – wartość zmiennej w i -tym mieście,
- x_{max} – odpowiednio: maksymalna wartość danej zmiennej w badanej grupie miast (dla zagrożeń) lub suma wszystkich rozpatrywanych działań w danym mieście (dla dwóch struktur działań: X_{MIT} , X_{ADA} , $X_{ADA-MIT}$, a także: X_{REA} , $X_{REA-MIT}$, X_{ANT}).

Dzięki zastosowaniu tej formuły wszystkie zmienne sprowadzono do przedziału $[0; 100]$, co umożliwiło porównanie danych o różnych skalach wyjściowych, ze względu na różną (od 10 do 45) liczbę działań adaptacyjnych w planach poszczególnych miast.

W kolejnym kroku wszystkie zmienne (w tym współrzędne geograficzne X_{Szer} i $X_{Dł}$) poddano standaryzacji, aby ujednolicić ich wpływ na wyniki analizy skupień:

$$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{s}$$

gdzie:

- x_i – wartość zmiennej w i -tym mieście,
- $\bar{x}$ – średnia arytmetyczna w badanej grupie miast,
- s – odchylenie standardowe w badanej grupie miast.

Wzorce struktury działań wobec zagrożeń klimatycznych w badanych miastach wyłoniono za pomocą hierarchicznej analizy skupień. W analizie zastosowano metodę Warda, polegającą na minimalizacji przyrostu sumy kwadratów odchyleń wewnątrz skupień, oraz metrykę Manhattan, określoną wzorem:

$$d(x, y) = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|,$$

gdzie x i y oznaczają porównywane obiekty, a n liczbę cech.

W metodzie Warda odległość między skupieniami definiowana jest poprzez przyrost sumy kwadratów błędów (SSE), który można zapisać jako:

$$\Delta SSE = \frac{\eta_A \cdot \eta_B}{\eta_A + \eta_B} \|\bar{x}_A - \bar{x}_B\|^2,$$

gdzie η_A i η_B oznaczają liczebności łączonych skupień, a $\bar{x}_A$ i $\bar{x}_B$ ich centroidy. Dzięki temu możliwe było wyodrębnienie jednorodnych grup miast o zbliżonych wzorcach działań adaptacyjnych.

Dendrogram odcięto na poziomie odległości wiązania wynoszącej 20, co pozwoliło na uzyskanie optymalnej liczby skupień przy danej wielkości próby ($N = 44$). Klasyfikacji dokonano na podstawie sześciu zmiennych: pięciu wskaźników wykazujących istotną korelację z liczbą zagrożeń klimatycznych na poziomie co najmniej $p < 0,1$ (X_{ADA} , X_{REA} , X_{ANT} , X_{Szer} , X_{DI}) oraz liczby zagrożeń klimatycznych (X_{ZAG}).

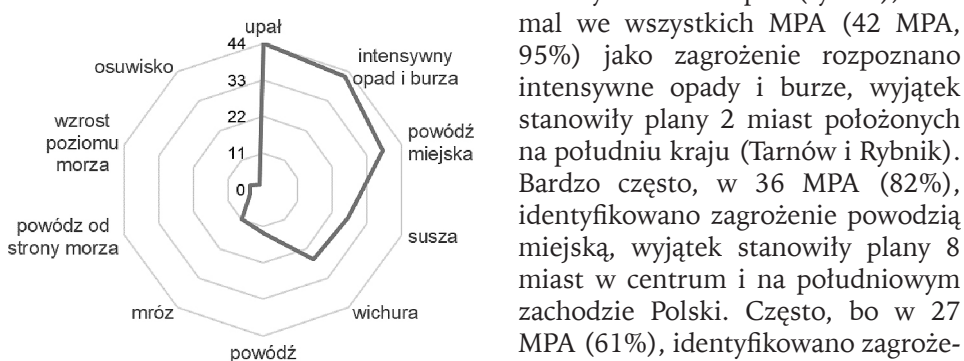
Obliczenia statystyczne wykonano w programie Statistica 13.3, natomiast rozkłady przestrzenne w programie ArcGIS Pro 3.3.2.

Wyniki

Zidentyfikowane zagrożenia związane z klimatem

Ogółem w 44 planach adaptacji zdiagnozowano, jako główne zagrożenia związane z klimatem, 10 różnego typu zjawisk. Poszczególne plany różniły się liczbą zidentyfikowanych zagrożeń – od zaledwie 2 w Legnicy i Rybniku, 3 w Bydgoszczy, Częstochowie, Grudziądzu, Łodzi, Opolu i Włocławku do 9 w Elblągu.

Najpowszechniej, bo we wszystkich 44 planach adaptacji, jako zagrożenie zidentyfikowano upał (ryc. 2), niemal we wszystkich MPA (42 MPA, 95%) jako zagrożenie rozpoznano intensywne opady i burze, wyjątek stanowiły plany 2 miast położonych na południu kraju (Tarnów i Rybnik).



Ryc. 2. Liczba MPA, w których wymienione zjawisko zidentyfikowano jako zagrożenie dla miasta (maksymalna liczba = 44)

Źródło: opracowanie własne.

Bardzo często, w 36 MPA (82%), zidentyfikowano zagrożenie powodzią miejską, wyjątek stanowiły plany 8 miast w centrum i na południowym zachodzie Polski. Często, bo w 27 MPA (61%), zidentyfikowano zagrożenie suszą. Miasta, w planach których nie zidentyfikowano tego zagrożenia, położone są w zachodniej i środkowej części kraju. Podobnie często, w 26 MPA (59%), głównie w miastach na

obrzeżach Polski, identyfikowano zagrożenie wichurą. Silnego wiatru jako zagrożenia nie zidentyfikowano w centrum i na środkowym południu oraz miejscami na południowym zachodzie kraju. Mróz jako zagrożenie dla miast zidentyfikowano w 11 MPA (25%), głównie w północnej, północno-wschodniej i wschodniej części Polski oraz lokalnie na południu kraju. Pozostałe zagrożenia zidentyfikowano w planach: 13 miast (powódź), 4 miast (powódź od strony morza, wzrost poziomu morza) oraz 2 miast (osuwiska).

Kierunki reakcji na zagrożenia

Łagodzenie zmiany klimatu – działania mitygacyjne

Spośród wszystkich działań zaplanowanych w badanych MPA zauważyć można stosunkowo duży udział działań o charakterze mitygacyjnym. Przeciętnie udział działań mitygacyjnych stanowił 17,6% wszystkich działań, kolejne średnio 7% stanowiły działania mitygacyjno-adaptacyjne. Dla poszczególnych miast udział działań mitygacyjnych wahał się od braku tego typu działań w Kielcach, Legnicy i Szczecinie do 44% w Bielsku-Białej i Toruniu (tab. A2). W miastach, w których nie stwierdzono działań typu mitygacyjnego, zaplanowano jednak działania łączące cele mitygacyjne i adaptacyjne. Udział tego typu działań wyniósł od 3,8% w Kielcach do 13,3% w Legnicy. Do najczęściej planowanych działań mitygacyjnych zaliczyć można: poprawę efektywności energetycznej budynków, budowę ścieżek rowerowych, budowę systemu ograniczania niskiej emisji w mieście, wymianę taboru autobusowego na niskoemisyjny, zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii (tab. 2).

Tabela 2. Katalog przykładowych działań mitygacyjnych uwzględnionych w 44 MPA

Nazwa lub opis działania	Uwzględnione w MPA miasta (nr miasta jak na ryc. 1)
Poprawa efektywności energetycznej budynków	1, 2, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 31, 32, 35, 39, 41, 43
Rozbudowa infrastruktury rowerowej, w tym Systemu Roweru Miejskiego	4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 44
Budowa systemu ograniczania niskiej emisji w mieście	4, 8, 9, 11, 13, 19, 23, 28, 31, 32, 38, 39, 41
Wymiana taboru autobusowego na niskoemisyjny	7, 14, 21, 26, 30, 31, 37, 38, 39, 44
Dywersyfikacja źródeł zaopatrzenia miasta w energię elektryczną – zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii, budowa infrastruktury do produkcji energii ze źródeł odnawialnych	1, 2, 7, 8, 14, 22, 24, 26, 29, 30, 35, 37, 38, 40, 42, 44

Źródło: opracowanie własne.

Działania adaptacyjne

Wśród działań adaptacyjnych zdecydowaną większość (69,9%) stanowiły działania antycypacyjne, działania reaktywne – 29,3%, przy czym zidentyfikowano również niewielką (0,8%) liczbę działań łączących cele reaktywne z mitygacyjnymi.

Największy udział działań antycypacyjnych (powyżej 90%) zaplanowano w Bydgoszczy, Rybniku i Tychach; udział powyżej 80% stwierdzono w grupie kolejnych ośmiu miast (tab. A2). Najmniejszy udział działań antycypacyjnych miał Słupsk (30%), w następnych 6 miastach wyniósł on od 30 do 50% działań adaptacyjnych. Do najczęściej planowanych w polskich miastach działań antycypacyjnych zaliczyć można: budowę i rozwój systemu błękitnej i zielonej infrastruktury, modernizację systemu kanalizacji sanitarnej i deszczowej, realizację obiektów małej retencji, regularną pielęgnację drzew, zwiększenie udziału powierzchni biologicznie czynnej poprzez ograniczenie powierzchni nieprzepuszczalnych w mieście lub ich rozszczelnienie, wytyczne planistyczne/urbanistyczne w kształtowaniu przestrzeni publicznej, budowę systemu rozwiązań dla zapewnienia komfortu termicznego mieszkańców (tab. 3).

Tabela 3. Katalog przykładowych działań antycypacyjnych uwzględnionych w 44 MPA

Nazwa lub opis działania	Uwzględnione w MPA miasta (nr miasta jak na ryc. 1)
Edukacja (promocja, informacja o podjętych i planowanych działaniach adaptacyjnych oraz popularyzacja właściwych zachowań proklimatycznych)	1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 33, 34, 38, 40, 42, 44
Budowa i rozwój systemu błękitnej i zielonej infrastruktury, rewitalizacja terenów zieleni w mieście	1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44
Rozbudowa osłony przeciwpowodziowej (konserwacja, utrzymanie budowli przeciwpowodziowych, rozbudowa i podniesienie wałów przeciwpowodziowych)	3, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 19, 23, 30, 34, 36, 39, 40, 41, 43, 44
Przebudowa i rozbudowa sieci wodociągowo-kanalizacyjnej	5, 6, 8, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 26, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 37, 39, 41, 44
Zwiększenie powierzchni biologicznie czynnej	7, 9, 11, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 28, 30, 33, 34, 35, 36, 40
Budowa systemu rozwiązań dla zapewnienia komfortu termicznego mieszkańców	3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 17, 19, 20, 23, 25, 29, 33, 34, 35, 36, 40, 42, 43
Planowanie i ochrona obszarów generowania świeżego/chłodnego powietrza i korzyarzy wentylacji na obszarach zurbanizowanych	9, 10, 11, 13, 17, 26, 34, 35, 36, 44

Źródło: opracowanie własne.

Udział działań reaktywnych w ogólnej liczbie działań adaptacyjnych był zróżnicowany pomiędzy miastami. Brak działań reaktywnych zidentyfikowano w jednym mieście, w Tychach, ponadto w Rybniku stanowiły one mniej niż 5% działań

adaptacyjnych, w Bydgoszczy – poniżej 10% i w grupie kolejnych 10 miast stanowiły 10–20% działań adaptacyjnych. Z kolei najwięcej działań reaktywnych, 70% spośród wszystkich działań adaptacyjnych, zidentyfikowano w Słupsku, ponadto w sześciu innych miastach (Bytom, Elbląg, Gdańsk, Gdynia, Grudziądz, Włocławek) stanowiły one co najmniej 50% działań. Najczęściej planowane działania reaktywne miały postać przygotowania do reakcji po wystąpieniu zagrożenia klimatycznego. Planowano m.in.: wzmocnienie służb ratowniczych, budowę systemu informacji o zagrożeniach w przestrzeni publicznej, wypracowanie prawidłowych zachowań społeczeństwa w sytuacji wystąpienia groźnych zjawisk, ale też montaż kurtyn wodnych i ulicznych źródeł wody pitnej, rozdawanie wody pitnej, wprowadzanie elastycznych godzin pracy w przypadku wystąpienia ekstremalnych zjawisk meteorologicznych czy odtwarzanie wałów przeciwsztormowych zniszczonych przez wezbrania sztormowe (tab. 4).

Tabela 4. Katalog przykładowych działań reaktywnych uwzględnionych w 44 MPA

Nazwa lub opis działania	Uwzględnione w MPA miasta (nr miasta jak na ryc. 1)
Rozwój systemu monitoringu i ostrzegania przed zagrożeniami związanymi z ekstremalnymi zjawiskami	4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 20, 23, 24, 26, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 40, 42, 44
Wypracowanie prawidłowych zachowań społeczeństwa w sytuacji wystąpienia zjawiska meteorologicznego	4, 5, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 25, 26, 28, 29, 33, 34, 35, 36, 38, 41, 43, 44
Montaż kurtyn wodnych, ulicznych źródeł wody pitnej, rozdawanie wody pitnej przechodniom, ułatwienie dostępu do wody pitnej	3, 4, 5, 6, 7, 13, 14, 15, 16, 20, 23, 25, 25, 30, 33, 35, 38, 40, 41, 42, 43, 44
Wzmocnienie służb ratowniczych z uwzględnieniem zmian klimatycznych	4, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 33, 34, 35, 36, 38, 44
Odtwarzanie odcinków wydm i wałów przeciwsztormowych zniszczonych w wyniku wezbrań sztormowych, odbudowa urządzeń przeciwpowodziowych	8, 9, 10, 11, 34, 36, 41

Źródło: opracowanie własne.

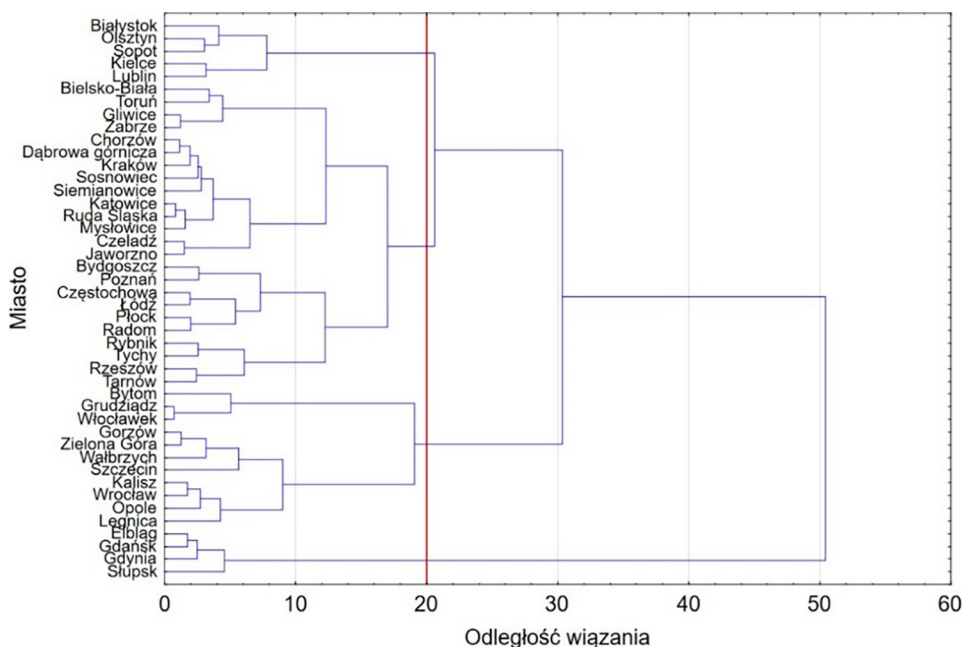
Działania łączące reakcję i mitygację wystąpiły w planach tylko 6 miast. Największy udział tego typu działań (7,7%) miało Opole, pozostałe miasta z udziałem powyżej 5% to Białystok, Częstochowa i Toruń. Przykłady działań łączących reakcję i mitygację to: dostosowanie systemu komunikacji publicznej do skutków zmiany klimatu, termomodernizacja budynków z uwzględnieniem wprowadzania zieleni posiadającej właściwości izolujące (zmniejszające nagrzewanie), prowadzenie działań edukacyjnych i promowanie dobrych praktyk w zakresie adaptacji do skutków zmiany klimatu i ich łagodzenia, w tym promowania odnawialnych źródeł energii.

Wzorce adaptacji

Analiza rodzajów podejmowanych działań uwzględnianych w planach adaptacji poszczególnych miast dała podstawę do pogłębienia badań w celu ujawnienia

możliwych podobieństw pomiędzy miastami i określenia wzorców występujących w doborze środków adaptacyjnych z uwagi na zidentyfikowane zagrożenia klimatyczne. Przyjęto za prawdopodobne, że im więcej zidentyfikowanych zagrożeń, tym bardziej różnorodne są planowane działania i tym częściej miasta korzystają z różnorodnych sposobów radzenia sobie z zagrożeniami zarówno typu doraźnego (działania reaktywne), jak i długoterminowego (działania antycypacyjne).

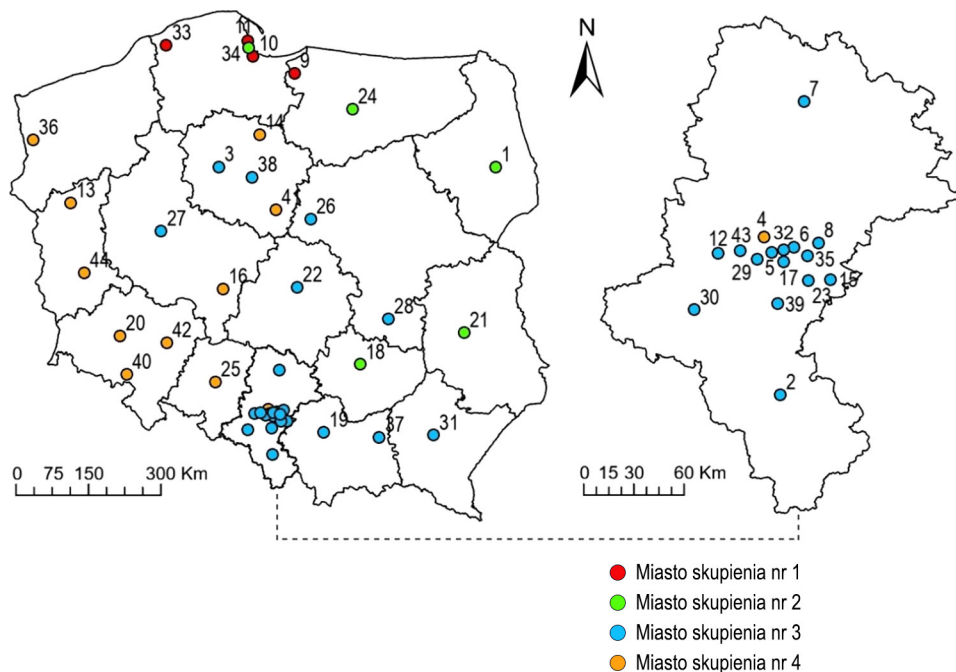
Analiza skupień pozwoliła na wydzielenie czterech grup miast (ryc. 3), różniących się pod względem liczby zidentyfikowanych zagrożeń i przyjętego wzorca postępowania adaptacyjnego w postaci struktury typów planowanych działań adaptacyjnych. Każde ze skupień cechuje ponadto duża zgodność przestrzennego usytuowania miast wchodzących w jego skład (ryc. 4).



Ryc. 3. Dendrogram podobieństwa cech struktury działań adaptacyjnych wobec zagrożeń klimatycznych wykonany metodą Warda przy użyciu odległości Manhattan
Źródło: opracowanie własne.

Wydzielone skupienia (ryc. 3, tab. 5) różniły się średnią liczbą zidentyfikowanych zagrożeń i średnią liczbą zaplanowanych działań, choć nie stwierdzono możliwości potwierdzenia hipotezy o zależności liczby działań od liczby zagrożeń (współczynnik korelacji Pearsona $r = -0,063$, $p > 0,05$). Brak zależności pomiędzy liczbą zagrożeń i liczbą działań może wynikać z faktu, że ta ostatnia nie w pełni odzwierciedla liczbę faktycznych zadań zaplanowanych w obrębie jednostkowo zapisanego w MPA działania (patrz: „Materiał i metody”). Więcej informacji o regionalnej specyfice planowania działań adaptacyjnych dostarczyła analiza struktury rodzaju zaplanowanych działań, według podziału na działania: adaptacyjne

(ADA), mitygacyjne (MIT), adaptacyjno-mitygacyjne (ADA-MIT) oraz antycypacyjne (ANT), reaktywne (REA), reaktywno-mitygacyjne (REA-MIT) wraz z analizą rozmieszczenia miast wchodzących w skład danego skupienia (tab. 5, ryc. 4).



Ryc. 4. Lokalizacja miast wchodzących w skład wydzielonych skupień

Tabela 5. Charakterystyka skupień miast wydzielonych w analizie skupień (pogrubioną czcionką oznaczono wartości największe w danej kategorii)

Nr	Liczba miast	Liczba zagrożeń $\bar{x}$ (zakres)	Liczba działań $\bar{x}$ (zakres)	Udział działań w % $\bar{x}$ (zakres)			Udział działań adaptacyjnych w %; $\bar{x}$ (zakres)		
				ADA	MIT	ADA-MIT	ANT	REA	REA-MIT
1	4	8,0 (7–9)	16,7 (11–19)	84,4 (74–91)	15,6 (9–26)	0,0 (0)	36,7 (30–41)	63,3 (59–70)	0,0 (0)
2	5	6,4 (6–7)	29,6 (21–37)	86,9 (76–96)	7,4 (0–14)	5,6 (0–10)	73,4 (63–80)	25,2 (20–32)	1,3 (0–7)
3	24	4,4 (2–6)	24,9 (15–42)	71,4 (44–95)	21,4 (5–44)	7,2 (0–23)	78,9 (67–100)	20,2 (0–33)	0,9 (0–6)
4	11	3,6 (2–5)	20,5 (10–45)	75,7 (56–94)	14,8 (0–33)	9,5 (0–20)	60,9 (43–76)	38,4 (24–57)	0,7 (0–8)
1–4	44	4,7 (2–9)	23,6 (10–45)	75,4 (44–96)	17,6 (0–44)	6,9 (0–23)	69,9 (30–100)	29,3 (0–70)	0,8 (0–8)

nr – numer skupienia, $\bar{x}$ – średnia, ADA – działania adaptacyjne, MIT – działania mitygacyjne, ANT – działania antycypacyjne, REA – działania reaktywne.

Źródło: opracowanie własne.

Na tej podstawie opisano cztery wzorce adaptacji, charakteryzujące się specyficzną strukturą rodzajów działań adaptacyjnych, podejmowanych w określonych lokalizacjach miast w Polsce:

Wzorzec adaptacji reaktywnej („północny”) zidentyfikowany został w miastach w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku. Były to: Gdańsk i Gdynia położone bezpośrednio na wybrzeżu, Elbląg w bezpośrednim sąsiedztwie Zalewu Wiślanego oraz Słupsk oddalony o 18 km od wybrzeża (ryc. 3–4). W tym skupieniu miast zidentyfikowano największą liczbę zagrożeń klimatycznych w porównaniu do innych skupień (tab. 5). W planach adaptacji miast skupienia nr 1 zaplanowano głównie działania adaptacyjne (84%), natomiast brak działań łączących adaptację z mitygacją. Najczęstszym przyjętym sposobem postępowania wobec zagrożeń klimatycznych była w tym przypadku reakcja lub przygotowanie służb i społeczeństwa do reagowania w sytuacji wystąpienia zagrożenia oraz usuwanie skutków zniszczeń. Działania reaktywne stanowiły większość (63%) wśród działań adaptacyjnych (tab. 5, 6) i był to najwyższy udział tego typu działań w porównaniu do innych skupień miast. Obliczony współczynnik korelacji Pearsona pomiędzy liczbą zagrożeń i liczbą działań reaktywnych dla zbioru wszystkich miast wyniósł $r = 0,39$ ($p < 0,01$). Udział działań o charakterze mitygacyjnym, które

Tabela 6. Charakterystyka wzorców adaptacji polskich miast do zmiany klimatu w latach 2017–2020

Nr skupienia	Nazwa i cechy wzorca adaptacji	Liczba miast	Położenie geograficzne miast, województwa
1	Reaktywna: • najwięcej zidentyfikowanych zagrożeń, • najwięcej działań REA (ok. 2/3), najmniej ANT (ok. 1/3), brak łącznych działań ADA-MIT, REA-MIT	4	Północne (na północ od 54°09'41"N) pomorskie (cz), warmińsko-mazurskie (cz)
2	Quasijednorodna: • nieco większa od średniej liczba zagrożeń, • największy udział działań ADA (87%), najmniej działań MIT (7%), udział działań łączących REA-MIT poniżej średniej	5	Wschodnie (na wschód od 18°33'E) podlaskie, lubelskie, warmińsko-mazurskie, świętokrzyskie, pomorskie (cz)
3	Mitygacyjno-antycypacyjna: • nieco mniejsza od średniej liczba zagrożeń, • największy udział działań MIT (21%), dość duży REA-MIT, największy udział działań ANT (79%), najmniejszy udział działań REA (20%)	24	Południowo-centralne, łódzkie, mazowieckie, podkarpackie, małopolskie, śląskie (– 1 miasto), kujawsko-pomorskie (cz), wielkopolskie (cz)
4	Zintegrowana (adaptacyjno-mitygacyjna): • najmniej zidentyfikowanych zagrożeń, • najwięcej działań ADA-MIT (9,5%), większy od przeciętnego udział działań REA	11	Zachodnie (na zachód od 19°04'E) zachodniopomorskie, lubuskie, dolnośląskie, opolskie, wielkopolskie (cz), kujawsko-pomorskie (cz) i miasto Bytom ze śląskiego

cz – część miast w województwie przyjęła odrębny wzorzec adaptacji, pozostałe objaśnienia jak w tabeli 5.

Źródło: opracowanie własne.

pośrednio mogą przyczynić się do złagodzenia zagrożeń klimatycznych, był przeciętny, choć poniżej średniej dla ogółu badanych MPA.

Wzorzec adaptacji quasijednorodnej („wschodni i północno-wschodni”) obejmuje 5 miast na wschód od południka 18°33'E (tab. 6). Cechuje je nieco większa od średniej liczba zidentyfikowanych zagrożeń klimatycznych. Grupę opisywanych miast wyróżnia spośród miast pozostałych skupień największy udział działań adaptacyjnych w ogólnej liczbie zaplanowanych działań i, odpowiednio, najmniejszy udział działań mitygacyjnych w ogólnej liczbie zaplanowanych działań (tab. 5). Dla każdego z miast skupienia nr 2 liczba działań mitygacyjnych była mniejsza od ich średniej liczby ogółem. Zaplanowano w nich jednak (z wyjątkiem Sopotu) niewielką liczbę działań łączących adaptację i mityzację (5,6%), w tym działania reaktywno-mitygacyjne. Wśród działań adaptacyjnych większość (>70%) stanowiły działania antycypacyjne, a $\frac{1}{4}$ – działania reaktywne. Był to, pomimo zidentyfikowanej stosunkowo dużej liczby zagrożeń, jeden z mniejszych udziałów działań reaktywnych w porównaniu do innych skupień.

Wzorzec adaptacji mitygacyjno-antycypacyjnej („południowo-centralny”) występuje w największej liczbie (24) miast (ryc. 3, tab. 6). W skład opisywanego skupienia wchodzi większość miast Górnego Śląska (wyjątek stanowi Bytom włączony do skupienia nr 4) oraz miasta południowo-wschodniej i centralnej Polski. Miasta skupienia nr 3 cechuje zbliżona do średniej (nieco poniżej) liczba zidentyfikowanych zagrożeń klimatycznych. Cechą wyróżniającą skupienie był największy udział działań mitygacyjnych (21%), które wraz z działaniami adaptacyjno-mitygacyjnymi stanowiły średnio niemal 30% wszystkich planowanych działań (tab. 5). Tym samym, w porównaniu do pozostałych skupień, udział typowych działań adaptacyjnych był najmniejszy (71%). Z kolei wśród działań adaptacyjnych zdecydowanie przeważały działania antycypacyjne (79%) i był to najwyższy udział tego typu działań wśród wydzielonych skupień, natomiast udział działań reaktywnych był najmniejszy w porównaniu do ich średniego udziału w pozostałych skupieniach.

Wzorzec adaptacji zintegrowanej (adaptacyjno-mitygacyjny, „zachodni”) dotyczy 11 miast na zachód od południka 19°04'E. W tej grupie miast zidentyfikowano średnio najmniejszą liczbę zagrożeń klimatycznych. Skupienie nr 4 wyróżniło się największym, w porównaniu do innych skupień, udziałem działań łączących adaptację z mityzacją (9,5%), przy czym udział działań adaptacyjnych stanowił $\frac{3}{4}$ wszystkich działań i był to udział najbardziej zbliżony do przeciętego dla wszystkich badanych miast ogółem (tab. 5). W miastach skupienia nr 4 zaplanowano również dość dużo, bo powyżej średniej, działań reaktywnych (38,4%), w tym działania łączące reakcję na zagrożenia i mityzację.

Dyskusja

Badania potwierdziły występowanie różnic zarówno w liczbie i rodzaju zagrożeń klimatycznych identyfikowanych w poszczególnych miastach, jak i w strukturze typów działań ujętych w planach adaptacji poszczególnych miast. Ogółem

w badanych MPA zidentyfikowano 10 głównych zagrożeń dla polskich miast, co stanowi około 1/3 spośród 36 zagrożeń klimatycznych o potencjalnie poważnych konsekwencjach w całej Europie wskazanych przez EEA (2024). Duże zróżnicowanie liczby i rodzaju zidentyfikowanych zagrożeń klimatycznych pomiędzy poszczególnymi miastami (od 2 do 9 zagrożeń) może wynikać z rozmieszczenia badanych miast w zróżnicowanych geograficznie regionach Polski.

W badaniach wykazano, że plany adaptacji polskich miast różnią się pod względem struktury typów podejmowanych działań łagodzących zagrożenia klimatyczne i ich skutki. Planowane w MPA polskich miast działania charakteryzuje przede wszystkim łączenie adaptacji z mitygacją, przy zachowaniu przewagi działań typowo adaptacyjnych oraz przewagi działań o charakterze antycypacyjnym. Łączenie w działaniach proklimatycznych adaptacji i mitygacji wskazywane jest przez badaczy jako konieczne do uzyskania pożądanego efektu synergii (Walsh i in. 2011, Demuzere i in. 2014, Zhao i in. 2018). Według Reckien i in. (2018) integracja adaptacji i mitygacji zmiany klimatu jest specyficzna dla danego kraju i można ją zaobserwować głównie w dwóch krajach w Europie, w których lokalne plany klimatyczne są obowiązkowe, tj. we Francji i w Wielkiej Brytanii. Niniejsze badanie wykazało, że zintegrowane podejście do adaptacji w postaci łączenia jej z mitygacją zidentyfikowane zostało w miastach położonych w większości w zachodniej Polsce. Z kolei stwierdzona w większości badanych miast przewaga udziału działań antycypacyjnych w ogólnej liczbie planowanych działań wskazuje na zbieżność stosowanego w polskich miastach podejścia z istniejącymi katalogami działań adaptacyjnych (Bidlaski i in. 2023, Dynakowska i in. 2023, Hajto i in. 2023, Görbig i in. 2024). Swego rodzaju wyjątkiem potwierdzającym regułę była grupa miast w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku, dla której częściej niż w innych miastach zaplanowano działania reaktywne. W tym przypadku duży udział działań reaktywnych może odzwierciedlać próbę przygotowania tych miast na specyficzne zagrożenia obszarów przybrzeżnych, uznawanych za obszary szczególnie wrażliwe na zmianę klimatu (SPA 2013). Wśród sektorów objętych adaptacją ocenianych przez UNEP (2024) działania takie, jak redukcja ryzyka katastrof oraz systemy informacji klimatycznej i wczesnego ostrzegania, stanowiły po 13%, a zarządzanie wybrzeżem kolejne 10% spośród badanych projektów. Duży udział działań reaktywnych (33%) był widoczny również w działaniach planowanych przed 2020 r. w 39 krajach opisanych przez Simpson i in. (2023). Obszary przybrzeżne jako wrażliwe na zmianę klimatu stanowią obiekt szczególnego zainteresowania badaczy ze względu na zakres wyzwań adaptacyjnych (Rapaport i in. 2015, Olazabal i in. 2019).

Choć w większości badanych planów oprócz działań typowo adaptacyjnych uwzględniono również działania mitygacyjne, wielkość ich udziału była bardzo zróżnicowana. Największy udział działań mitygacyjnych stwierdzono w planach miast aglomeracji górnośląskiej, najmniejszy w MPA miast położonych na wschodzie kraju, co można powiązać z przestrzennym zróżnicowaniem stopnia zanieczyszczenia atmosfery w Polsce (Leśniak 2011, Widziewicz i in. 2018, Kalbarczyk, Kalbarczyk 2025).

Wykazane w badaniu prawidłowości przestrzenne określonych wzorców adaptacyjnych miast wobec zagrożeń klimatycznych odzwierciedlają z jednej strony zróżnicowanie miast pod względem zidentyfikowanych zagrożeń klimatycznych (SPA 2013, Dumieński i in. 2019), z drugiej zróżnicowanie innych cech środowiska geograficznego. Przestrzenne zróżnicowanie wzorców adaptacji wyrażonych w strukturze typów planowanych działań proklimatycznych wskazuje na różnorodność lokalnych wyzwań klimatycznych w polskich miastach. Wyniki mogą być przydatne w badaniach dotyczących jakości planowania adaptacji w Polsce, ponieważ ujawniają uzasadnione różnice pomiędzy planami miast położonych w różnych regionach Polski. W dotychczasowych badaniach jakości miejskich planów adaptacji stosowano jednolite kryteria oceny w skali całego kraju, a nawet kontynentu (Kalbarczyk, Kalbarczyk 2022, Reckien i in. 2023). Opisane przykłady działań adaptacyjnych mogą być pomocne w procesie tworzenia najnowszych form miejskich planów adaptacyjnych przez samorządy w Polsce, a zidentyfikowane wzorce adaptacji można wykorzystać w kształtowaniu polityki miejskiej, szczególnie w miastach zobowiązanych do sporządzenia miejskiego planu adaptacji do początku 2028 r. (Ustawa... 2024, Kalbarczyk i in. 2025).

Podsumowanie

W planach adaptacji (MPA) największych polskich miast identyfikowano zróżnicowaną liczbę zagrożeń klimatycznych. Najczęściej wymienianymi zagrożeniami były wysoka temperatura i ekstremalny opad, nieco rzadziej – susza, powódź i silny wiatr.

Miasta koncentrowały się głównie na przystosowaniu do skutków zmiany klimatu (zwłaszcza poprzez działania antycypacyjne), ale w planach adaptacji uwzględniano również ograniczanie zmiany klimatu (mitygację). Jednocześnie udział działań mitygacyjnych w MPA poszczególnych miast był nierównomierny – od ich braku po znaczący udział w ogólnej liczbie zaplanowanych działań proklimatycznych.

Większość miast preferowała działania wyprzedzające (antycypacyjne), jednak w miastach bardziej narażonych na liczne zagrożenia (położonych szczególnie na północy kraju) częściej stosowano podejście reaktywne, nastawione na radzenie sobie ze skutkami zdarzeń.

Hipotezę, że duża liczba zidentyfikowanych zagrożeń klimatycznych skutkuje większą liczbą bardziej zróżnicowanych działań uwzględnionych w miejskim planie adaptacji, potwierdzono tylko częściowo. Wyrażnie zaznaczył się dodatni związek pomiędzy liczbą zidentyfikowanych zagrożeń klimatycznych a liczbą działań o charakterze reaktywnym.

Badania pozwoliły na opisanie czterech wzorców adaptacji polskich miast do roku 2020. Wykazano, że strategie adaptacyjne miast nie są przypadkowe, lecz powiązane z liczbą zagrożeń i położeniem geograficznym.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak występowania konfliktu interesów. Oświadczają, że tekst artykułu jest w całości ich dziełem. Podział pracy przy artykule wyglądał następująco:

- konceptualizacja: EK,
- metodologia: EK, RK,
- gromadzenie danych: EK,
- organizacja badań: EK, RK,
- analiza formalna: EK, RK, BR,
- pisanie: EK, RK, BR.

Literatura / References

- Begum R.A., Sarkar Md.S.K., Jaafar A.H., Pereira J.J. 2014. Toward conceptual frameworks for linking disaster risk reduction and climate change adaptation. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 10: 362–373. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2014.10.011>
- Bidłasik M., Dubel A., Hajto M., Iskra K., Juszko I., Kuśmierz A., Marcinkowski M., Melka K., Potapowicz I., Rajkowska B., Rymśza B., Siwiec E., Skotak K., Walczak M. 2023. Katalog działań adaptacyjnych dla samorządów. KLIMADA 2.0. IOŚ-PIB, Warszawa.
- CLIMCITIES 2017. Projekt CLIMCITIES – adaptacja do zmian klimatu małych i dużych miast (<http://adaptcity.pl/projekt-climcities-adaptacja-zmian-klimatu-malych-srednich-miastach/>; dostęp: 1.04.2026).
- Demuzere M., Orru K., Heidrich O., Olazabal E., Geneletti D., Orru H., Bhawe A.G., Mittal N., Feliu E., Faehnle M. 2014. Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 146: 107e115. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.025>
- Dumieński G., Lisowska A., Tiukała A. 2019. Zagrożenia klimatyczne 44 miast w Polsce na podstawie miejskich planów adaptacji do zmian klimatu. [W:] H. Lorenc, W. Ożga (red.), *Współczesne Problemy Klimatu Polski*, Polskie Towarzystwo Geofizyczne, Wydawnictwo IMGW-PIB, Warszawa, s. 189–201.
- Dynakowska M., Iskra K., Jaczewska A., Marcinkowski M., Rakoczy A., Romańczak A., Różyński G., Rymśza B., Sadowski M., Syrzycki M., Szczesiak T. 2023. Katalog dobrych praktyk adaptacyjnych. IOŚ-PIB, Warszawa.
- EEA 2024. European Climate Risk Assessment. Report 01/2024, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark. <https://doi.org/10.2800/8671471>
- Görbig G.M., Flacke J., Keller M., Pflugradt N., Sliuzas R., Reckien D. 2024. Fitting consistent knowledge into the planning process: An integrated database on adaptation and mitigation measures in Europe. *Data in Brief*, 55: 110580. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2024.110580>
- Graczyk D., Pińskwar I., Kundzewicz Z.W., Hov Ø., Førland E.J., Szwed M., Choryński A. 2017. The heat goes on – changes in indices of hot extremes in Poland. *Theoretical and Applied Climatology*, 129: 459. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1786-x>
- Hajto M., Bidłasik M., Kuśmierz A., Marcinkowski M., Potapowicz I., Rajkowska B., Romańczak A., Siwiec E. 2023. Podręcznik adaptacji do zmian klimatu dla miast. Aktualizacja 2023. IOŚ-PIB, Warszawa.
- Hardoy J., Lankao P.R. 2011. Latin American cities and climate change: Challenges and options to mitigation and adaptation responses. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3: 158–163. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.01.004>
- Kalbarczyk E., Kalbarczyk R. 2022. Credibility assessment of municipal climate change adaptation plans using the ex-ante method: A case study of Poland. *Sustainable Cities and Society*, 87: 104242. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104242>

- Kalbarczyk R., Kalbarczyk E. 2024. Risk of natural hazards caused by extreme precipitation in Poland in 1951–2020. *Water*, 16: 1705. <https://doi.org/10.3390/w16121705>
- Kalbarczyk R., Kalbarczyk E. 2025. Structure of Pb concentration variability in PM10 particulate matter in Poland and its dependence on thermal air conditions and precipitation. *Atmospheric Research*, 326: 108306. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2025.108306>
- Kalbarczyk E., Zięba P., Kalbarczyk R. 2025. Stan planowania miejskiej adaptacji do zmiany klimatu w województwie wielkopolskim. *Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna*, 77: 55–70. <https://doi.org/10.14746/rrpr.2025.77.04>
- Kazancı G., Costa J.P., Gülümser A.A. 2026. From risk to action: benchmarking two generations of national climate adaptation policies in the Netherlands, UK, USA, Türkiye, and Portugal. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 31: x44. <https://doi.org/10.1007/s11027-026-10312-6>
- Leśniok M. 2011. Changeability of air pollution in Katowice Region (Central Europe, Southern Poland). [W:] F. Nejadkoorki (red.), *Advanced Air Pollution. InTech*. <https://doi.org/10.5772/22013>
- MPA44. Opracowanie planów adaptacji do zmian klimatu w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców. Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Warszawa (<https://www.gov.pl/web/klimat/mpa-44>; dostęp: 15.04.2026).
- Olazabal M., Ruiz De Gopegui M., Tompkins E.L., Venner K., Smith R. 2019. A cross-scale worldwide analysis of coastal adaptation planning. *Environmental Research Letters*, 14: 124056. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5532>
- Plan ochrony klimatu i adaptacji do skutków zmian klimatu dla miasta Bydgoszczy. 2010. *Atmoterm*, Urząd Miasta Bydgoszczy (https://typo3.um.bydgoszcz.pl/fileadmin/multimedia/rozwoj/srodowisko/LAKS_-_zalaczniki/Plan_ochrony_klimatu.pdf; dostęp: 1.05.2026).
- Rapaport E., Manuel P., Krawchenko T., Keefe J. 2015. How can aging communities adapt to coastal climate change? Planning for both social and place vulnerability. *Canadian Public Policy*, 41(2): 166–177. <https://doi.org/10.3138/cpp.2014-055>
- Reckien D., Salvia M., Heidrich O., Church J.M., Pietrapertosa F., De Gregorio-Hurtado S., D’Alonzo V., Foley A., Simoes S.G., Krk ska Lorencov’a E., Orru H., Orru K., Wejs A., Flacke J., Olazabal M., Geneletti D., Feliu E., Vasilie S., Nador C., Krook-Riekkola A., Matosovi’c M., Fokaides P.A., Ioannou B.I., Flamos A., Spyridaki N.A., Balzan M.V., Fülöp O., Paspaldzhiev I., Grafakos S., Dawson R. 2018. How are cities planning to respond to climate change? Assessment of local climate plans from 885 cities in the EU-28. *Journal of Cleaner Production*, 191: 207–219. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.220>
- Reckien D., Buzasi A., Olazabal M., Spyridaki N.-A., Eckersley P., Simoes S.G. i in. 2023. Quality of urban climate adaptation plans over time. *Npj Urban Sustainability*, 3: 1–14. <https://doi.org/10.1038/s42949-023-00085-1>
- Simpson N.P., Adade Williams P., Mach K.J., Berrang-Ford L., Biesbroek R., Haasnoot M., Alcade C., Segnon A.C., Campbell D., Musah-Surugu J.I., Joe E.T., Nunbogu A.M., Sabour S., Meyer A.L.S., Andrews T.M., Singh C., Siders A.R., Lawrence J., van Aalst M.H., Trisos C.H., The Global Adaptation Mapping Initiative Team 2023. Adaptation to compound climate risks: A systematic global stocktake. *iScience*, 26: 105926. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.105926>
- Smit B., Burton B., Klein R.J.T., Wandel J. 2000. An anatomy of adaptation to climate change and variability. *Climatic Change*, 45: 223–251.
- Solecki W., Leichenko R., O’Brien K. 2011. Climate change adaptation strategies and disaster risk reduction in cities: connections, contentions, and synergies. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3: 135–141. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.03.001>
- SPA 2013. Strategiczny plan adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030. Ministerstwo Środowiska, IOŚ-PIB, Warszawa.
- Travis W.R., Bates B. 2014. What is climate risk management? *Climate Risk Management*, 1: 1–4. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crm.2014.02.003>
- Tylkowski J. 2017. Extreme weather events in Poland in the 21st century. *Journal of Education, Health and Sport*, 7(10): 40–51. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1000972>
- UNEP (United Nations Environment Programme) 2024. Adaptation Gap Report 2024: Come hell and high water – As fires and floods hit the poor hardest, it is time for the world to step up adaptation actions. Nairobi. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/46497>

- Ustawa z dnia 27 listopada 2024 r. o zmianie ustawy – Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. z 2024 r. poz. 1940; <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=W-DU20240001940>).
- Walsh C.L., Dawson R.J., Hall J.W., Barr S.L., Batty M., Bristow A.L., Carney S., Dagoumas A.S., Ford A.C., Harpham C., Tight M.R., Watters H., Zanni A.M. 2011. Assessment of climate change mitigation and adaptation in cities. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Urban Design and Planning*, 164(2): 75–84. <https://doi.org/10.1680/udap.2011.164.2.75>
- Wen J., Wan C., Ye Q., Yan J., Li W. 2023. Disaster Risk Reduction, Climate Change Adaptation and Their Linkages with Sustainable Development over the Past 30 Years: A Review. *International Journal of Disaster Risk Science*, 14: 1–13. <https://doi.org/10.1007/s13753-023-00472-3>
- Wibig J. 2017. Heat waves in Poland in the period 1951–2015: trends, patterns and driving factors. *Meteorology Hydrology and Water Management*, 6(1): 37–45. <https://doi.org/10.26491/mhwm/78420>
- Widziewicz K., Rogula-Kozłowska W., Loska K., Kociszewska K., Majewski G. 2018. Health risk impacts of exposure to airborne metals and benzo(a)pyrene during episodes of high PM10 concentrations in Poland. *Biomedical and Environmental Sciences*, 31(1): 23–36. <https://doi.org/10.3967/bes2018.003>
- Zhao C., Yan Y., Wang C., Tanga M., Wua G., Ding D., Song Y. 2018. Adaptation and mitigation for combating climate change – From single to joint. *Ecosystem Health and Sustainability*, 4(4): 85–94. <https://doi.org/10.1080/20964129.2018.1466632>

Aneks

<https://doi.org/10.60629/q6ev-hf71>

Tabela A1. Wykaz miast uwzględnionych w badaniach

Tabela A2. Klasyfikacja działań adaptacyjnych ujętych w 44 MPA z lat 2017–2020 (czerwony – reaktywne, szary – antycypacyjne, czarny – mitygacyjne)

Patterns of urban adaptation to identified climate risks in Poland

Abstract: The aim of this study was to identify patterns in cities' responses to identified climate risks during the initial phase of climate change adaptation planning in Poland, i.e., up to 2020. An attempt was also made to determine their spatial variation and to compile a catalog of the most commonly planned adaptation and mitigation measures. The research data consisted of municipal adaptation plans (MAPs) for 44 cities in Poland, developed between 2017 and 2020. The study began with the identification of the main climate risks described in the 44 MAPs. The planned measures were classified into the following categories: adaptation, mitigation, reactive, anticipatory, and mixed. Patterns in the structure of responses to climate risks were identified using hierarchical cluster analysis. Before performing statistical analyses, the variables were normalized and then standardized. The study identified four patterns of urban adaptation during the initial phase of climate change adaptation planning in Poland. The cities located along the Polish Baltic coast identified the highest number of climate-related risks and a high proportion of reactive measures. In cities in eastern and northeastern Poland, typical adaptation measures accounted for the largest share, while mitigation measures accounted for the smallest. Cities in southern and central Poland were characterized by a predominance of anticipatory measures, an exceptionally high proportion of mitigation measures, and the lowest proportion of reactive measures. In cities in the west of the country, measures combining adaptation with mitigation were more frequently planned. It was demonstrated that cities' adaptation strategies were not random but linked to the number of hazards and geographical location.

Keywords: cluster analysis, municipal adaptation plan, type of measure, adaptation patterns, climate risk

Data przekazania tekstu: 4.05.2026; **data zaakceptowania tekstu:** 20.07.2026.

Article submitted: 4.05.2026; **article accepted:** 20.07.2026.