

Warszawa, 4 października 2021 r.

Uzupełniony i poprawiony 4 listopada 2021 r.

Komunikat 04/2021

interdyscyplinarnego Zespołu doradczego do spraw kryzysu klimatycznego przy prezesie PAN

na temat zagrożeń miast wobec kryzysu klimatycznego

Streszczenie:

Miasta znacząco przyczyniają się do nasilania antropogenicznej zmiany klimatu. Z jednej strony, globalnie odpowiadają za 60-70% zużycia energii i 75% emisji związków węgla. Z drugiej strony, są obszarami wyjątkowo wrażliwymi na skutki tej zmiany, ze względu na wysoki poziom zainwestowania, zagęszczenie ludności i infrastruktury. Intensyfikacja ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak: fale upałów, ulewne deszcze, gwałtowne burze czy huraganowe wiatry, może powodować znaczne straty materialne oraz bezpośrednie i pośrednie zagrożenia dla życia i zdrowia ludzi oraz stabilności społeczno-gospodarczej. Ekstremalne zjawiska pogodowe mogą być dodatkowo wzmacniane przez lokalne cechy klimatu miejskiego. Najbardziej charakterystyczne jest zjawisko miejskiej wyspy ciepła (MWC), potęgujące negatywne skutki fal upałów oraz błyskawiczne powodzie miejskie, wynikające z uszczelniania powierzchni, niedoboru zieleni oraz szybkiego odwadniania miast przez zbiorcze systemy kanalizacji.

Miasta muszą z jednej strony podejmować działania mitygacyjne, czyli powstrzymujące zmianę klimatu poprzez radykalne ograniczenie emisji CO₂ i innych gazów cieplarnianych (ang. Green House Gases, GHG), z drugiej zaś – działania adaptacyjne, pozwalające w krótkim czasie przystosować się do nasilających się ekstremów klimatycznych.

Sektory o największym potencjale redukcji emisji CO₂ i innych GHG (energetyka, transport, gospodarka odpadami i budownictwo) powinny podjąć pilne działania, skierowane na kompleksowe zarządzanie energią i mobilnością w miastach, a także na rozwój gospodarki o obiegu zamkniętym oraz prowadzenie edukacji konsumenckiej.

Najpilniejsze działania adaptacyjne miast wymagają włączenia celów adaptacyjnych do planowania przestrzennego i urbanistyki w kierunku kształtowania błękitno-zielonej infrastruktury (BZI), czyli zarządzanych i połączonych funkcjonalnie terenów zieleni i elementów otwartej wody oraz integracji gospodarowania wodą w mieście w ujęciu zasobowym i użytkowym. Niemniej ważne jest też kształtowanie i wdrażanie standardów zabudowy i infrastruktury odpornej na zagrożenia, opracowanie planów zarządzania kryzysowego (w tym planów zarządzania splotami burzowymi) oraz zwiększanie świadomości zagrożeń i społecznej akceptacji działań adaptacyjnych.

Dla skutecznej implementacji działań mitygacyjnych i adaptacyjnych konieczna jest ich integracja na wielu płaszczyznach, m.in.: w zakresie planowania przestrzennego i zarządzania rozwojem miast (w tym integracja różnych polityk sektorowych), działań informacyjno-edukacyjnych oraz

wprowadzania lokalnych narzędzi prawnych i ekonomicznych motywujących mieszkańców miast do zmiany postaw konsumenckich, a inwestorów, projektantów i wykonawców do zmian standardów i technologii realizacji inwestycji.

A. Antropogeniczna zmiana klimatu a funkcjonowanie miast

A1. Według 6. raportu IPCCⁱ **obserwowana obecnie zmiana klimatu, której najbardziej ewidentnym przejawem jest globalne ocieplenie, jest wynikiem działalności ludzkiej. W ostatnim dziesięcioleciu (2011–2020) globalna temperatura powierzchni Ziemi była około 1,1°C wyższa niż w okresie przedprzemysłowym (1850–1900).** Jeśli proces ten będzie nadal postępował w obecnym tempie, może doprowadzić do katastrofalnych zaburzeń w funkcjonowaniu wielu systemów społeczno-ekologicznych, w tym obszarów miejskich.

A2. **Problematyka funkcjonowania miast w warunkach zmiany klimatu dotyczy znacznej części populacji.** Według prognoz ONZⁱⁱ w 2050 roku 68% ludności świata będzie mieszkać w miastach. W Europie już obecnie mieszkańcy miast stanowią ponad 74% populacji, a w Polsce ponad 60%. Dlatego od polityki miejskiej i działań samorządów lokalnych w znacznym stopniu zależy ochrona klimatu i adaptacja do zmian.

A3. **Relacje pomiędzy klimatem miast a współczesną zmianą klimatu należy analizować dwukierunkowo,** uwzględniając zarówno wpływ miast na klimat globalny, jak i reakcję miast, w tym lokalnych warunków klimatycznych terenów zurbanizowanych, na zachodzące w danym regionie zmiany.

A3.1. **Miasta znacząco przyczyniają się do nasilania antropogenicznej zmiany klimatu, stanowią „gorące punkty” na mapie emisji gazów cieplarnianych.** Zajmując jedynie 3% powierzchni Ziemi, odpowiadają za 60-70% zużycia energii i 75% emisji związków węglaⁱⁱⁱ.

A3.2. **Regionalne skutki antropogenicznej zmiany klimatu mogą mieć szczególnie negatywny wpływ na miasta, które są obszarami wyjątkowo wrażliwymi ze względu na wysoki poziom zainwestowania, znaczne nagromadzenie infrastruktury i duże zagęszczenie ludności.** Przewidywana w raporcie IPCC^{iv} intensyfikacja ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak: fale upałów, ulewne deszcze, gwałtowne burze czy huraganowe wiatry może powodować znaczne straty materialne oraz bezpośrednie zagrożenia życia i zdrowia ludzi. W perspektywie długookresowej mogą one trwale destabilizować funkcjonowanie miast i ich otoczenia oraz wpływać na sytuację geopolityczną, prowadząc np. do przerw w ciągłości dostaw energii, żywności i wody, zmian w funkcjonowaniu ekosystemów oraz epidemii wywołanych ekspansją wektorów chorób^v.

A3.3. **Ekstremalne zjawiska pogodowe mogą być wzmocnione przez lokalne cechy klimatu miejskiego.** Najbardziej charakterystyczne jest zjawisko **miejskiej wyspy ciepła**, polegające na relatywnym podwyższeniu temperatury w mieście w stosunku do terenów otaczających, oraz **błyskawiczne powodzie miejskie**, wynikające z uszczelniania powierzchni i wypierania z krajobrazu miast zieleni i elementów otwartej wody. **Dodatkowo** zaobserwowano, że miasta mogą powodować zwiększenie częstości i

intensywności opadów nawałnych oraz burz, wpływać na wilgotność powietrza, warunki wietrzne i jakość powietrza. Te ostatnie zjawiska również mogą podlegać zmianom pod wpływem antropogenicznej zmiany klimatu, lecz nie są przedmiotem niniejszego komunikatu.

A4. Dalszy rozwój miast i utrzymanie wysokiej jakości życia ich mieszkańców w kryzysie klimatycznym wymaga natychmiastowych i kompleksowych działań. Miasta muszą z jednej strony podejmować **działania mitygacyjne**, czyli powstrzymujące zmianę klimatu poprzez radykalne ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, głównie CO₂, z drugiej zaś – **działania adaptacyjne**, pozwalające w krótkim czasie przystosować się do nasilających się ekstremów klimatycznych. We wszystkich działaniach cele klimatyczne, środowiskowe, społeczne i gospodarcze muszą być integrowane. W **miastach zlokalizowany jest kapitał finansowy, społeczny i intelektualny (baza naukowa), umożliwiający podejmowanie innowacyjnych działań.** OECD^{vi} oszacowała, że 65% wszystkich celów zrównoważonego rozwoju nie może zostać zrealizowanych inaczej, niż we współpracy z samorządami lokalnymi i regionalnymi.

B. Polskie miasta wobec kryzysu klimatycznego

B1. Podobnie jak w innych regionach, miasta polskie przyczyniają się do zmiany klimatu globalnego, głównie poprzez emisję gazów cieplarnianych.

B1.1. Energia, budownictwo, systemy grzewcze. Istotną cechą miast polskich (zwłaszcza małych i średnich) jest duży udział lokalnych systemów grzewczych (indywidualnych, osiedlowych, miejskich) opartych na spalaniu węgla. Udział emisji z tego sektora jest w oczywisty sposób zależny od liczby instalacji tego typu i efektywności wykorzystania energii, ale także zależy od ich stanu technicznego, sprawności i strat energii generowanych przy jej przesyle.

B1.2. Procesy suburbanizacji. Typowe dla dużych i średnich miast w Polsce procesy suburbanizacji, polegające na „rozlewaniu się” (ang. urban sprawl) funkcji i form miejskich na terenach podmiejskich, mogą prowadzić do wzrostu emisji gazów cieplarnianych (większe straty przy przesyle energii cieplnej, większe potrzeby transportowe), a przejmowanie terenów biologicznie czynnych na potrzeby infrastrukturalne zmniejsza ich potencjał do pochłaniania i trwałego wiązania węgla.

B1.3. Transport – ruch samochodowy. Znaczący wkład w emisję gazów cieplarnianych ma również transport samochodowy. Na wielkość tej emisji oprócz liczby wykorzystywanych samochodów i ich stanu technicznego duży wpływ ma również długość tras dojazdowych i płynność ruchu (przepustowość systemu drogowego i efektywność systemu kierowania ruchem), a także efektywność transportu publicznego oraz udogodnień dla ruchu rowerowego i pieszego. Procesy suburbanizacji sprzyjają intensyfikacji ruchu samochodowego.

B1.4. Odpady. Mieszkańcy miast generują duże ilości odpadów. Każda praktyka gospodarowania odpadami przyczynia się do emisji gazów cieplarnianych, zarówno

bezpośrednio (tj. emisje z samego procesu), jak i pośrednio (tj. poprzez zużycie energii). Tym niemniej na wielkość tej emisji ma wpływ sposób unieszkodliwiania odpadów biodegradowalnych (ograniczając ich składowanie zmniejsza się emisję metanu) oraz odzyskiwanie surowców wtórnych (ogranicza ilość energii niezbędną do wytwarzania nowych produktów)^{vii}.

B2. Polska jest krajem o dużym zróżnicowaniu regionalnym, toteż rodzaje i skala zagrożeń związanych z antropogeniczną zmianą klimatu różnią się^{viii} w zależności od położenia geograficznego miast, regionalnych warunków klimatycznych oraz wielkości i struktury przestrzennej miast. Od czynników tych, a w szczególności od wielkości i struktury przestrzennej, zależy jak silnie miasto modyfikuje lokalne warunki klimatyczne. Typowe dla obszarów zurbanizowanych zjawiska, takie jak np. miejska wyspa ciepła czy intensyfikacja opadów nawalnych, najwyraźniej zaznaczają się w dużych aglomeracjach, ale pojawiają się również w miastach średnich i małych, których w Polsce jest najwięcejⁱ.

B3. Szczególne zagrożenia dla miast wynikają ze wzrostu nasilenia i częstości występowania ekstremalnych zdarzeń pogodowych i klimatycznych w warunkach ich specyficznej struktury przestrzennej.

B3.1. Prognozowany wzrost nasilenia i częstości występowania opadów ekstremalnych oraz występujących między nimi okresów bezopadowych przekłada się na **wzrost ryzyka wystąpienia zjawiska błyskawicznych powodzi miejskich**. Powszechne w polskich miastach, konwencjonalne podejście do zarządzania wodami opadowymi poprzez systemy kanalizacji deszczowej i ogólnospławnej nie rozwiązuje tego problemu, a często go pogłębia. Już gwałtowne opady powyżej 30 mm powodują przeciążenia zbiorczych systemów kanalizacyjnych, które nie były projektowane z uwzględnieniem tak dużej wielkości i intensywności opadów. Tymczasem coraz częściej obserwujemy opady dobowe przekraczające średni opad miesięczny, czyli 50 mm i więcej². **Ta tendencja będzie się nasilać**. Dodatkowo samo istnienie miasta może wzmacniać intensywność opadów ekstremalnych ze względu na wzmożone ruchy pionowe powietrza³, jak również antropogeniczną emisję wilgoci. Na efekty te narażone są głównie zawietrzne dzielnice miast (w Polsce z reguły wschodnie i północno-wschodnie), gdzie zaobserwowano zwiększenie opadów nawalnych, burz i gradu. Przeciążenia systemów odwodnieniowych i wezbrania opadowe powodujące podtopienia i powodzie w miastach mają **charakter błyskawiczny** (tzw. flash flood), co bardzo ogranicza możliwości przeciwdziałania. Głównymi przyczynami tych zagrożeń są wysoki stopień uszczelnienia miast, uniemożliwiający miejscowe wsiąkanie wody w grunt, oraz szybkie odwadnianie, które powoduje przeciążenia kanalizacji zbiorczej (podejście „z chmury do rury”). Brak

¹ W Polsce dominują małe miasta o populacji nie przekraczającej 10 000 mieszkańców (aktualnie 559). Więcej: https://www.polskawliczbach.pl/najwieksze_miasta_w_polsce_pod_wzgledem_liczby_ludnosci.

² Przykładem są ostatnie opady nawalne w Poznaniu (22.06.2021 opad dobowy 64-112 mm) czy Krakowie (5.08.2021 opad dobowy 80-103 mm).

³ Wzmożone ruchy pionowe (unoszenie się) powietrza nad miastem wynikają z intensywnego nagrzewania się powietrza od podłoża (konwekcja termiczna) oraz z wymuszającej ruchy wstępujące przyziemnej zbieżności wiatru związanej ze zmianą jego kierunku w wyniku większej szorstkości podłoża.

zieleni i wód otwartych dodatkowo zmniejsza pojemność retencyjną zlewni miejskich. Konsekwencjami szybkiego pozbywania się wód opadowych w miastach są nie tylko powódzie miejskie i związane z nimi straty materialne i paraliż komunikacyjny, ale również zwiększenie częstotliwości zrzutów burzowych, degradacja cieków, wzrost dynamiki przepływów i zagrożeń powodziowych ze strony rzek.

B3.2. Prognozowany wzrost temperatury powietrza (zwłaszcza większa częstość występowania i wydłużenie czasu trwania fal upałów)⁴ mogą być dodatkowo wzmacniane przez zjawisko MWC, zwiększając liczbę nocy tropikalnych w miastach⁵. Stanowi to istotne zagrożenie dla mieszkańców miast. MWC jest wynikiem wielu procesów fizycznych, związanych z wymianą energii pomiędzy podłożem a atmosferą, spowodowanych specyficznymi właściwościami materiałów budowlanych, złożoną geometrią powierzchni, zanieczyszczeniami powietrza i antropogeniczną emisją ciepła^{ix}. Należy przy tym podkreślić, że jest to zjawisko dynamiczne – w sprzyjających warunkach (słaby wiatr, bezchmurne niebo) w nocy miasto może być o kilka stopni cieplejsze niż tereny zamiejskie (średnio o 4-6°C, chociaż w największych miastach polskich notowano różnice przekraczające 10°C)^x, natomiast w ciągu dnia różnice temperatury zanikają. Dlatego w przypadku fal upałów mieszkańcy miast mogą być pozbawieni nocnego odpoczynku od stresu termicznego (tropikalne noce). Powoduje to nie tylko **dyskomfort termiczny** w okresie letnim, ale stwarza też **zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi**. W 2003 roku fale upałów w Europie spowodowały przedwczesną śmierć od 35 do 70 tysięcy osób^{xi}, a w 2010 roku w Rosji – ponad 11 tysięcy osób^{xii}. W Polsce najlepiej zbadane są skutki fali gorąca z 1994 roku, w trakcie której stwierdzono wzrost średniej umieralności w polskich miastach sięgający od 23% (Szczecin) do 63% (Łódź)^{xiii}. Szacuje się, że wzrost częstości występowania fal upałów w Warszawie spowoduje znaczący wzrost umieralności, zwłaszcza w drugiej połowie obecnego stulecia. Zgodnie z prognozami wykonanymi na podstawie globalnego, numerycznego modelu prognozowania pogody ARPEGE^{xiv}, wzrost umieralności w latach 2011–2040 może wynieść około 36% ogólnej liczby zgonów dziennych (w trakcie fali upału), a po 2040 r., ze względu na 6-krotne zwiększenie liczby 5-dniowych fal upałów, liczba zgonów dziennych w trakcie fal upałów może wzrosnąć nawet ponad 225% w odniesieniu do sytuacji obecnej⁶. Na trendy te należy patrzeć w kontekście starzejących się społeczności⁷, a tym samym wzrostu wrażliwości mieszkańców miast na negatywne skutki zmiany klimatu. Dodatkowo, zwiększenie dyskomfortu termicznego prawdopodobnie spowoduje wzrost liczby

⁴ Okresy upałów o długości przynajmniej 3 dni z temperaturą maksymalną przekraczającą 30°C.

⁵ Noce z temperaturą minimalną przekraczającą 20°C.

⁶ Obecnie ocenia się, że wzrost ten może być mniejszy co może być efektem zarówno podejmowanych przez władze miast działań adaptacyjnych jak i wprowadzeniu przez Rządowe Centrum Bezpieczeństwa systemu ostrzegania przed ekstremalnymi zjawiskami za pomocą SMS. Obniżenie szacunku wynika także z większej wiedzy o wpływie fal upałów na umieralność i stwierdzeniu występowania tzw. "harvesting effect" oznaczającego, że skutek kolejnych fal upałów w ciągu tego samego roku jest mniejszy niż pierwszej fali.

⁷ W 2018 roku osoby w wieku 65 i więcej lat przeciętnie w Polsce stanowiły 17,5% ogółu ludności. Udział seniorów w strukturze ludności był wyższy w miastach (19,2%) niż na obszarach wiejskich (15,1%). Źródło: M. Kuchcik, *Warunki termiczne w Polsce na przełomie XX i XXI wieku i ich wpływ na umieralność*, IGiPZ PAN, Warszawa, 2017.

urządzeń klimatyzacyjnych w gospodarstwach domowych i budynkach publicznych, a tym samym zwiększenie zużycia energii i dodatkową emisję ciepła antropogenicznego.

Należy jednocześnie zaznaczyć, że pojawianie się MWC nie zawsze przynosi negatywne skutki klimatyczne. Na przykład zimą podwyższenie temperatury na obszarze miasta zmniejsza zużycie energii potrzebnej na ogrzewanie budynków. Wyższa temperatura powierzchni w nocy powoduje zwiększenie chwiejności atmosfery (bryza miejska), a w konsekwencji poprawia warunki aerosanitarne.

Chociaż w ciągu dnia MWC najczęściej zanika, wysokie temperatury są szczególnie uciążliwe dla mieszkańców miast. Należy bowiem pamiętać, że na odczucia termiczne ma wpływ nie tylko temperatura otaczającego powietrza, lecz także wymiana energii w postaci promieniowania zarówno krótkofalowego (słonecznego), jak i długofalowego (cieplnego). Duże, nagrzane od Słońca powierzchnie ścian w tzw. kanionach ulicznych wymieniają pomiędzy sobą energię ciepłą na drodze promieniowania, co odczuwają również osoby przebywające w tych „kanionach”. Efekt ten zależy od geometrii struktur urbanistycznych (np. stosunek wysokości budynków do szerokości ulic, stopień przesłonięcia horyzontu) oraz właściwości materiałów budowlanych (albedo, emisyjność, pojemność i przewodnictwo cieplne), a jest łagodzony między innymi dzięki wysokiej zieleni, która dodatkowo chroni przed bezpośrednim promieniowaniem słonecznym.

B3.3. Długotrwałe okresy wysokiej temperatury przy braku opadów mogą prowadzić do suszy i niedoborów wody, skutkujących **zagrożeniem dostępności wody dla miast, a nawet koniecznością ograniczeń poboru**. Specyfika miast (uszczelnienie terenu, szybkie odprowadzanie wód opadowych przez systemy kanalizacji) dodatkowo zaburza naturalny cykl krążenia wody i może prowadzić do obniżania poziomu wód powierzchniowych i podziemnych. Susza miejska **pogarsza warunki wegetacyjne**, narażając roślinność miejską na stres wodny, obniżając jej witalność i zaburzając wzrost i funkcjonowanie systemów przyrodniczych. To z kolei przekłada się na **zmniejszenie potencjału zieleni do łagodzenia skutków ekstremów klimatycznych** i wzrost kosztów utrzymania (nawadniania) zieleni.

B3.4 Potencjalne zwiększenie liczby przypadków silnych (huraganowych) wiatrów może stanowić zagrożenie dla obszarów miejskich. Chociaż tereny zurbanizowane generalnie powodują zmniejszenie średniej prędkości wiatru, pomiędzy budynkami często dominujące są efekty tunelowe, a prędkość wiatru znacznie przekracza tam wartości średnie, co może powodować szkody materialne, a nawet stanowić bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia i życia mieszkańców. W przypadku silnych wiatrów dużym obciążeniami mechanicznymi poddawane są również wysokie budynki i inne konstrukcje górujące nad poziomem dachów.

B3.5 Oprócz wymienionych wyżej zagrożeń charakterystycznych dla większości miast polskich należy pamiętać o zagrożeniach wynikających ze specyficznej lokalizacji geograficznej. W miastach nadmorskich będą to głównie problemy związane z podnoszeniem się poziomu morza i zwiększającym się prawdopodobieństwem powodzi sztormowych. Miasta położone w rejonach górskich i nad rzekami mogą być w większym

stopniu narażone na powodzie gwałtowne i spływowe oraz powodzie rzeczne. Miasta środkowej Polski mogą być bardziej narażone na skutki suszy.

B3.6. Stan kapitału naturalnego⁸ miast może również wpływać na ich funkcjonowanie w warunkach zmiany klimatu. Polskie miasta mają w dalszym ciągu duży potencjał obszarów zieleni, jednak ich udział w stosunku do całej powierzchni miast spada, co powoduje zmniejszenie możliwości redukcji skutków ekstremów pogodowych^{xv}. Wpływa na to sposób planowania i zarządzania zielenią, w tym m.in. słaba kontrola ochrony drzew (podejście sektorowe, braki w inwentaryzacji i niespójne bazy danych, brak standardów ochrony zieleni w działaniach inwestycyjnych, szczególnie w wielu mniejszych miastach) i egzekwowania utrzymania terenów biologicznie czynnych na gruntach prywatnych. Problem niedoboru zieleni dotyczy zwłaszcza obszarów śródmiejskich, w których obowiązują ścisłe i nieadekwatne do współczesnych zagrożeń klimatycznych wytyczne konserwatorskie. Pogarszanie się warunków życia w centrach miast prowadzi do ich depopulacji⁹ i zwiększa presję urbanizacyjną^{xvi} na tereny podmiejskie (suburbanizacja), co oprócz negatywnych konsekwencji funkcjonalno-przestrzennych i gospodarczych przyczynia się do osłabienia systemu przyrodniczego wokół miast i zmian warunków odpływu w zlewniach (nasilenie ryzyka powodzi i suszy).

C. Rekomendowane kierunki działań

C1. Działania mitygacyjne (łagodzące antropogeniczną zmianę klimatu). Podstawą dla zabezpieczenia funkcjonowania miast w przyszłości jest radykalna redukcja antropogenicznych emisji CO₂. Działania mitygacyjne są podejmowane zarówno wobec miast (rekomendacje unijne, strategię rządowe), jak i przez miasta (działania samorządów). Sektory, które mają największy potencjał redukcji emisji CO₂ to **energetyka, transport, gospodarka odpadami i budownictwo^{xvii}**. Kluczowe działania mitygacyjne miast powinny obejmować:

- **kompleksowe zarządzanie energią**, czyli zmniejszanie zapotrzebowania na energię (efektywność energetyczna i oszczędzanie), przechodzenie na źródła o niskiej lub zerowej emisji dwutlenku węgla, zwiększanie wykorzystania energetyki prosumenckiej, audyty energetyczne i poprawa efektywności energetycznej budynków (*Net Zero Energy Buildings*, NZEB / budownictwo pasywne),
- **zarządzanie mobilnością**, m.in. poprzez właściwą politykę przestrzenną i redukcję potrzeb transportowych, np. tworzenie miast zwartych i wielofunkcyjnych, tzw. „miast

⁸ Pojęcie „kapitału naturalnego” odnosi się do elementów przyrody, z których ludzie czerpią bezpośrednio lub pośrednio korzyści. Źródło: K. J. Willis, G. Petrokofsky, *The natural capital of city trees*, „Science”, 28 kwietnia 2017, t. 356, nr 6336, s. 374-376, DOI: 10.1126/science.aam972.

⁹ Spadkiem liczby mieszkańców dotkniętych zostało 600 miast (68% ogółu ośrodków miejskich w kraju) – dane z dokumentu Założenia aktualizacji Krajowej Polityki Miejskiej 2023 – Projekt. Kwestie te w kontekście perspektywy rozwoju społecznego i gospodarczego na poziomie samorządu lokalnego omawiane są w publikacji: R. Wiśniewskii in., *Impact of Demographic Changes in Poland on Local Development*, „Studia KPZK”, t. 10/202, Warszawa, 2021.

15-minutowych”¹⁰, tworzenie stref wolnych od motoryzacji, promowanie bezemisyjnych systemów transportu (pieszy, rowerowy), wspieranie transportu publicznego, rozwój systemów współdzielenia i współużytkowania w transporcie.

Ponadto, mitygację można wspierać poprzez takie działania jak:

- **rozwój gospodarki o obiegu zamkniętym**, w tym systemów selektywnej segregacji odpadów i ograniczanie ilości i masy odpadów biodegradowalnych deponowanych na składowiskach,
- **pochłanianie węgla i jego trwałe magazynowanie w systemie przyrodniczym miasta** – w glebie i biomasi^{xviii},
- **prowadzenie edukacji konsumenckiej** i wspieranie proklimatycznych postaw konsumenckich, przeciwdziałanie marnotrawstwu żywności i innych towarów, rozwój systemów współdzielenia i współużytkowania (np. miejskie pralnie itp.).

C2. Działania adaptacyjne. Nawet jeśli uda się zahamować emisje gazów cieplarnianych, zmiany klimatu będą się pogłębiać, a ich objawy intensyfikować w związku z inercją systemu klimatycznego. Dlatego miasta muszą równolegle podejmować **działania adaptacyjne**, które umożliwią ich funkcjonowanie w warunkach kryzysu klimatycznego. Należy podkreślić, że działania adaptacyjne często mają również wpływ na ograniczanie zmiany klimatu. Działania te obejmują:

- **włączenie celów adaptacyjnych do planowania przestrzennego i urbanistyki w kierunku kształtowania błękitno-zielonej infrastruktury (BZI) miast¹¹, np. poprzez:**
 - **wdrażanie założeń miasta zwarteego, a zarazem zielonego, polegających na powstrzymaniu ekspansji przestrzennej miast** (ochrona systemu przyrodniczego wokół miast) i **wielofunkcyjnym wykorzystaniu struktur wewnętrznych miast** (recykling przestrzeni i zabudowy, rewitalizacja) **oraz zazielenianiu** (np. poprzez wprowadzanie do tkanki miejskiej przenikającej ją sieci terenów zielonych i ekosystemów wodnych, zachowanie odpowiednich proporcji między terenami zabudowanymi oraz pokrytymi roślinnością i/lub wodami, wykorzystanie powierzchni dachów i ścian na zieleni, redukcję uszczelnień, wykorzystanie materiałów i technologii ograniczających powstawanie MWC).
 - **intensywny i planowy rozwój terenów zieleni** spełniającej takie kryteria jak: **ilość** (zwiększenie udziału zieleni i terenów otwartej wody, tworzenie możliwie dużych i zwartych powierzchni zieleni, skuteczna ochrona zieleni wysokiej i terenów biologicznie czynnych); **łąckość** (zapewnienie maksymalnej bliskości

¹⁰ „Miasto 15-minutowe” to koncepcja urbanistyczna, która zakłada dostępność podstawowych usług dla wszystkich mieszkańców w izochronie dojazdu pieszo lub dojazdu rowerem 15 minut od miejsca zamieszkania.

¹¹ Zielona infrastruktura (lub: błękitno-zielona infrastruktura): strategicznie zaplanowana sieć obszarów naturalnych i półnaturalnych z innymi cechami środowiskowymi, zaprojektowana i zarządzana w sposób mający zapewnić szeroką gamę usług ekosystemowych. Obejmuje ona obszary zielone (lub niebieskie w przypadku ekosystemów wodnych) oraz inne cechy fizyczne obszarów lądowych (w tym przybrzeżnych) oraz morskich. Na lądzie zielona infrastruktura jest obecna na obszarach wiejskich i w środowisku miejskim. *Zielona Infrastruktura — zwiększanie kapitału naturalnego Europy*, Komunikat Komisji KOM nr 249, Bruksela, 2013.

przestrzennej terenów zieleni i otwartej wody – najkorzystniej ich łączenia w spójną, zintegrowaną sieć wspierającą procesy ekologiczne i zapewniającą korzyści społeczne^{xix}); **bioróżnorodność** (zachowanie różnorodnych form zieleni w krajobrazie miasta, w tym akceptacja, ochrona przed zabudową i duży udział terenów zbliżonych do naturalnych, zwłaszcza lasów, zieleni „nieformalnej” – tzw. „nieużytków”¹² i terenów związanych z dolinami rzecznyymi, a także wdrażanie dobrych praktyk, w tym ograniczenie zabiegów pielęgnacyjnych, stosowane gatunków rodzimych i redukcja koszenia). **Łączenie terenów zieleni z terenami retencji wód opadowych jest jednym z rozwiązań najbardziej korzystnych z punktu widzenia adaptacji miast do zmian klimatu.** Pozwala ono z jednej strony obniżyć skutki gwałtownych opadów i ryzyko powodzi błyskawicznych, z drugiej – wykorzystywać zgromadzoną w trakcie opadów wodę do regulacji mikroklimatu – łagodzenia suszy i wysokich temperatur – oraz obniżyć koszty utrzymania zieleni.

- **wdrażanie podejścia zlewniowego** w planowaniu przestrzennym w celu zapobiegania powodziom błyskawicznym – mapowanie powodzi miejskich i przeciwdziałanie im „u źródła”, czyli zagospodarowanie wody w miejscu wystąpienia opadu z wykorzystaniem infrastruktury szarej (technicznej) i błękitno-zielonej (naturalnej) w różnej skali (od budynków i działek po struktury ogólnomiejskie).
- **ochronę i rehabilitację (przywracanie różnorodności morfologicznej i bioróżnorodności) ekosystemów wodnych** – strumieni, rzek, stawów, mokradeł i in. w miejsce ich nadmiernej regulacji powodującej zablokowanie ważnych z punktu widzenia ekologii procesów adaptacyjnych (np. samooczyszczanie, retencja korytowa, infiltracja, łagodzenie powodzi i suszy).
- **integrację gospodarowania wodą w mieście**, poprzez łączne traktowanie zasobów wód powierzchniowych, podziemnych i opadowych oraz ich wielofunkcyjne wykorzystanie i recyrkulację, decentralizację zarządzania spływami opadowymi (zwiększenie odpowiedzialności różnych sektorów i użytkowników), zwiększanie retencyjności zlewni miejskich i odnawialności zasobów wody oraz elastyczności zbiorczych systemów kanalizacyjnych (np. poprzez łączenie z systemami retencji powierzchniowej). Działania takie ograniczają ryzyko wystąpienia powodzi błyskawicznych i łagodzą skutki niedoborów wody.
- **kształtowanie i wdrażanie standardów zabudowy i infrastruktury odpornej na zagrożenia** – modernizacja istniejącej i zmiana podejścia do projektowania nowej infrastruktury technicznej, zwłaszcza w sektorach szczególnie wrażliwych na zmianę klimatu, poprzez stosowanie nowych, bardziej przystosowanych do ekstremalnych warunków klimatycznych technologii, materiałów, konstrukcji i zasad eksploatacji, a

¹² Określenie „nieużytki” sugeruje bezużyteczność niezorganizowanych form zieleni, tymczasem są one obszarami o dużym znaczeniu w adaptacji do zmian klimatu, wspierającymi m.in. takie procesy, jak retencja wody czy stabilizacja mikroklimatu miast. Celowa wydaje się zmiana zarówno podejścia do terenów zieleni niezorganizowanej (przejście od postrzegania ich jako obszaru rezerwy budowlanej do postrzegania jako cennej infrastruktury błękitno-zielonej), jak i nomenklatury zapisów urbanistycznych w tym zakresie.

także wspieranie funkcjonowania infrastruktury technicznej (szarej) przez infrastrukturę błękitno-zieloną.

- **opracowanie planów zarządzania kryzysowego**, w tym planów zarządzania sypkami burzowymi, **oraz systemów ostrzegania i ewakuacji**, pozwalających na sprawne reagowanie w sytuacji wystąpienia zagrożeń klimatycznych.
- **zwiększanie świadomości zagrożeń i społecznej akceptacji działań adaptacyjnych** poprzez edukację klimatyczno-środowiskową i zaangażowanie społeczne.

C3. Integracja działań. Miasta są niezwykle złożonymi systemami społecznymi, ekologicznymi, ekonomicznymi i infrastrukturalnymi. Koordynacja zarządzania różnymi sektorami gospodarki miejskiej jest dużym wyzwaniem, ale daje możliwości **wdrażania innowacyjnych rozwiązań**. Dla skutecznej implementacji **działań mitygacyjnych i adaptacyjnych** konieczna jest **ich integracja na wielu płaszczyznach**, m.in.:

- **zintegrowane podejście do zarządzania rozwojem miast**, w tym integracja celów adaptacji i mitygacji w ramach polityk sektorowych (wymiana informacji, integracja celów i metod z uwzględnieniem kosztów i korzyści środowiskowych i klimatycznych), skuteczniejsza koordynacja działań w relacjach rząd – samorzady miejskie, zmiany w zakresie zarządzania instytucjami miejskimi i służbami odpowiedzialnymi za funkcjonowanie różnych sektorów i przestrzeni miejskich, a także zwiększanie poczucia sprawczości i odpowiedzialności mieszkańców (np. zielone budżety obywatelskie),
- **podjęcie działań informacyjno-edukacyjnych** – poszerzanie i integracja systemów informacji przestrzennej, popularyzacja i wspieranie dobrych praktyk urbanistyki proklimatycznej, rozwiązań adaptacyjnych w zakresie błękitno-zielonej infrastruktury, kształtowanie świadomości ekologicznej i klimatycznej wśród decydentów, polityków, inwestorów, projektantów, przedsiębiorców, mieszkańców. Ważne jest także zwiększanie **demonstracyjnej roli instytucji publicznych** (np. poprzez „zielone zamówienia” – wprowadzanie kryteriów środowiskowych i klimatycznych do organizowanych przetargów publicznych),
- **wprowadzanie lokalnych narzędzi prawnych i ekonomicznych** motywujących mieszkańców miast do zmiany postaw konsumenckich, a inwestorów, projektantów i wykonawców do zmian standardów i technologii realizacji inwestycji.

C4. Działania polskich miast wobec kryzysu klimatycznego. Tendencje, projekcje i konsekwencje zmian klimatu Polski zostały zbadane m.in. w ramach projektu „Klimada”, a związane z nimi zagrożenia dla miast – uwzględnione w dokumentach takich jak Strategiczny plan adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 (2013), czy Polityka ekologiczna państwa 2030 (2019). Dodatkowo dla 44 dużych polskich miast opracowane zostały w 2019 roku plany adaptacji do zmian klimatu (MPA), w których zdiagnozowano najpoważniejsze zagrożenia klimatyczne, podatność poszczególnych sektorów miast na antropogeniczną zmianę klimatu oraz zaproponowano kierunki działań adaptacyjnych. Według tego opracowania, do sektorów najbardziej wrażliwych na zmiany klimatu w Polsce należą: zdrowie publiczne, gospodarka wodna, transport i energetyka; natomiast najbardziej wrażliwe

obszary miast to: historyczne centra, tereny intensywnej zabudowy mieszkaniowej, turystyki i rekreacji oraz ekosystemy. Planów takich wciąż brakuje dla miast średnich i małych. Jednak w Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.) – SOR (2017) i odzwierciedlającej jej postanowienia – Krajowej Strategii Rozwoju Regionalnego 2030 – KSRR (2019), a także w Krajowej Polityce Miejskiej 2023 wyzwania i cele klimatyczne są marginalizowane i nie obejmują odpowiedzialności za klimat i środowisko. Aktualizowana obecnie Krajowa Polityka Miejska 2030 odpowiada na nowe wyzwania, wśród których jest również adaptacja miast do zmian klimatu („miasto odporne”) i zwiększenie wykorzystania rozwiązań opartych na naturze („miasto zielone”) oraz przeciwdziałanie negatywnym skutkom suburbanizacji i ponowne wykorzystanie przestrzeni w miastach („miasto zwarte/kompaktowe”). Zauważono również konieczność integracji działań podejmowanych w ramach różnych polityk sektorowych (podejście zintegrowane) oraz edukacji ekologiczno-klimatycznej. W Krajowym Planie Odbudowy i Zwiększania Odporności (KPO) cele związane z klimatem obejmują przede wszystkim zmniejszenie energochłonności oraz inwestycje w „zieloną i inteligentną mobilność”. Potrzeby w zakresie adaptacji i zwiększania odporności miast uwzględniono jedynie w zakresie „zielonej transformacji miast i obszarów funkcjonalnych”. **W interesie polskich miast jest to, żeby zapisy dokumentów strategicznych oraz MPA nie pozostały jedynie deklaratywne, ale znalazły odzwierciedlenie w kształtowaniu polityki miejskiej i struktury przestrzennej miast.**

i V. Masson-Delmotte i in., *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, Cambridge University Press, w druku.

ii *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420)*, United Nations, New York, 2019.

iii *The Sustainable Development Goals Report 2019*, United Nations, New York, 2019,

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/cities/>.

iv V. Masson-Delmotte i in., dz. cyt.

v C. Rosenzweig, i in., *ARC3.2 Summary for City Leaders*, Urban Climate Change Research Network, Columbia University, New York, 2015.

vi *OECD Programme on a Territorial Approach to the SDGs*, <https://www.oecd.org/cfe/territorial-approach-sdgs.htm>.

vii *Waste and Climate Change Global Trends and Strategy Framework*, UNEP, Osaka, 2010, <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8648/Waste&ClimateChange.pdf?sequence=3>.

viii *Strategiczny plan adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030*, Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2013; *Klimada. Adaptacja do zmian klimatu*, <http://klimada.mos.gov.pl/>.

ix K. Fortuniak, *Miejska wyspa ciepła. Podstawy energetyczne, studia eksperymentalne, modele numeryczne i statystyczne*, Wyd. UŁ, Łódź, 2003, s. 233 i n.

x K. Fortuniak, *Badania klimatu miast w Polsce*, „Przegląd Geofizyczny”, nr LXIV, 2019, s. 73-106, (<https://doi.org/10.32045/pg-2019-003>).

xi A. Bono i in., *Impacts of summer 2003 heat wave in Europe*, UNEP-GRID Europe, „Environment Alert Bulletin”, nr 2, 2004.

xii D. Shaposhnikov i in., *Mortality related to air pollution with the Moscow heat wave and wildfire of 2010*, „Epidemiology”, nr 25(3), 2014, s. 359-64.

xiii K. Błażejczyk, J. Baranowski, A. Błażejczyk, *Wpływ klimatu na stan zdrowia w Polsce: stan aktualny oraz prognoza do 2100 roku*, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa, 2015.

-
- ^{xiv} Kuchcik M., 2013, The Attempt to Validate the Applicability of Two Climate Models for the Evaluation of Heat Wave Related Mortality in Warsaw in the 21st Century. *Geographia Polonica* 86 (4): 295–311
- ^{xv} *Informacja o wynikach kontroli – Zarządzanie zielenią miejską*, Najwyższa Izba Kontroli, LKR.430.005.2017, nr ewid. 158/2017/P/17/077/LKR z 31.10.2017 r., <https://www.nik.gov.pl/plik/id,15863,vp,18378.pdf>.
- ^{xvi} *Raport rekomendacyjny. W kierunku nowej krajowej polityki miejskiej*, red. K. Janas,, nr 09-1, 2020, https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiewuX5gpAhWXzYsKHTqWAgsQFnoECAoQAw&url=http%3A%2F%2Fobserwatorium.miasta.pl%2Fwp-content%2Fuploads%2F2020%2F10%2FRaport-rekomendacyjny-w-kierunku-nowej-polityki-miejskiej-Karol_Janas_Wojciech_Jarczewski_Rajmund_Rys_Lukasz_Sykala-OPM-IRMiR.pdf&usg=AOvVaw3qGTcbjDWpTH-BGQqfukQ5.
- ^{xvii} *Cities on the Route to 2030. Building a zero emissions, resilient planet for all*, CDP, 2021, <https://www.cdp.net/en/research/global-reports/cities-on-the-route-to-2030>.
- ^{xviii} P. Sikorski i in., *The value of doing nothing – How informal green spaces can provide comparable ecosystem services to cultivated urban parks*, Ecosystem Services, 2021, t. 50, s. 1-12.
- ^{xix} M. Zalewski i in., *Blue-Green City for Compensating Global Climate Change*, „The Parliament Magazine”, nr 350, 11 czerwca 2012, s. 2-3.