

# Obserwator

**WYDANIE SPECJALNE**  
*Przygotować się na zmiany*



## *united in science 2022*

**3** Zmierzamy w złym kierunku –  
wskaźniki klimatyczne znów rekordowe

## *wmo: nasz priorytet to ochrona*

**7** Klimat, pogoda, ludzie, gospodarka

## *zabetonowani*

**10** Miejskie powodzie – winny klimat  
czy człowiek?

## *ciepło, ciepłej, za gorąco*

**14** Granica życia

## *żywność – złożony problem*

**18** Pomidory nie rosną na Marsie

## *natura za rogiem*

**21** Chroniąc naturę, chronimy klimat

## *obserwuj*

**24** WMO wskazuje na priorytetowe zadania  
w zakresie obserwacji klimatu

## *słuchaj*

**25** Ostrzec na czas

## *bądź świadom*

**28** Niebezpieczna pogoda – kluczem  
twojego bezpieczeństwa jest informacja

## *reaguj*

**31** Miasto odporne – adaptacje społeczne  
do zmiany klimatu

### **Obserwator**

Gazeta Obserwatora ISSN: 2658-2716

**Wydawca:** Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy  
01-673 Warszawa, ul. Podleśna 61 | [www.imgw.pl](http://www.imgw.pl)

Magazyn Obserwator dostępny jest również w wersji online: <https://obserwator.imgw.pl/>

**Zespół Redakcyjny:** Zespół Komunikacji IMGW-PIB

**Redaktor Naczelny:** Rafał Stepnowski

**Projekt graficzny i skład:** Michał Seredin

**Kontakt do redakcji:** [content@imgw.pl](mailto:content@imgw.pl)

Redakcja nie zwraca materiałów niezamówionych, zastrzega sobie prawo do skrótów, adiustacji i redagowania nadesłanych tekstów. Wszystkie materiały publikowane w Obserwator (Gazeta Obserwatora ISSN: 2658-2716) mogą być przedrukowywane wyłącznie za zgodą redakcji. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść zamieszczanych reklam i ogłoszeń.



Odstawmy na bok jałowy spór o przyczyny współczesnej zmiany klimatu. Wszak nauka dawno go rozstrzygnęła. Bowiem na horyzoncie pojawia się inny dylemat – czy globalne ocieplenie da się jeszcze spowolnić? Coraz więcej naukowców i ekspertów popada w pesymistyczny ton i otwarcie mówi, że podniesienie się temperatury o 2 st. Celsjusza jest już przesądzone. Głównym wyzwaniem staje się więc adaptacja. Czy jesteśmy na nią gotowi?

Ludzkość od tysięcy lat potrafiła przystosować się do zmiennych warunków klimatycznych. Jednak nigdy w historii cywilizacji człowieka te zmiany nie zachodziły tak szybko i gwałtownie. Nigdy też na Ziemi nie mieszkało tak wielu ludzi, jak obecnie. To oznacza, że koszty adaptacji będą ogromne i im później zaczniemy przygotowania, tym większe straty poniesiemy – i to nie tylko ekonomiczne.

Kluczowe w tym procesie przygotowania się do zmian są wiedza, która pozwala zrozumieć zachodzące w środowisku zjawiska, systemy wczesnego ostrzegania ratujące życie i mienie oraz odpowiedzialność społeczna. Bowiem nawet najlepsze prognozy stają się bezużyteczne, a komunikaty są lekceważone, jeżeli ludzie nie potrafią lub nie chcą się do nich odwoływać i stosować w codziennym życiu. Dlatego spoglądajcie w niebo, słuchajcie wiarygodnych informacji i bądźcie świadomi.

Rafał Stepnowski

# Zmierzamy w złym kierunku – *wskaźniki klimatyczne znów rekordowe*

**Przegrywamy walkę o bezpieczną Ziemię dla przyszłych pokoleń. Dane opublikowane we wrześniowym raporcie United in Science 2022 pokazują, że stężenie gazów cieplarnianych w atmosferze utrzymuje się na rekordowym poziomie, narażając planetę na dalsze ocieplenie. Pandemia i związane z nią spowolnienia w światowych gospodarkach tylko na chwilę zmniejszyły emisję produktów spalania paliw kopalnych. Wróciliśmy do punktu wyjścia i nic nie wskazuje na to, abyśmy bez szybkich i rzeczywistych działań mogli ograniczyć wzrost globalnej temperatury powietrza do 1,5 st. Celsjusza.**

Ostatnie siedem lat było najcieplejszymi w historii. Do 2027 roku prawdopodobnie czeka nas przynajmniej jeden rok ze średnią temperaturą wyższą o półtora stopnia od średniej z lat 1850-1900 (szansa ta wynosi 48 proc.). Niestety wraz ocieplaniem się atmosfery Ziemi intensyfikują się zagrożenia. Miasta, w których mieszka ponad połowa ludności świata, i które są odpowiedzialne za 70 proc. antropogenicznych emisji gazów cieplarnianych, już zmagają się z negatywnymi skutkami społeczno-gospodarczymi zmiany klimatu. A efekty te będą się tylko wzmacniać, bowiem jak wskazują przewidywania ONZ, do 2050 roku blisko 2/3 mieszkańców naszej planety będzie żyło w miastach. Tymczasem aby osiągnąć cele porozumienia paryskiego, zobowiązania redukcji emisji do 2030 roku muszą być... siedmiokrotnie wyższe!

António Guterres, Sekretarz Generalny ONZ: „Powodzie, susze, upały, ekstremalne burze i pożary stają się coraz częstsze i gwałtowniejsze. Za nami kolejne alarmujące rekordy: tegoroczne fale upałów w Europie, dramatyczna powódź w Pakistanie, przedłużająca się i dotkliwa susza w Chinach, Rogu Afryki i Stanach Zjednoczonych. Nie ma nic naturalnego w skali tych katastrof. To cena uzależnienia ludzkości od paliw kopalnych. Wnioski z najnowszego raportu United in Science są druzgocące. Jeśli chodzi o zmianę klimatu i negatywne jej następstwa, zaczynamy wchodzić w etap, którego dotąd jako ludzkość nie doświadczaliśmy”.  
Petteri Taalas, Sekretarz Generalny WMO: „Dzięki nauce jesteśmy w stanie rozstrzygnąć, które z doświadczanych przez ludzkość ekstremalnych zjawisk pogodowych są powiązane ze współczesną zmianą klimatu. I niestety zależności te stają się coraz bardziej widoczne. Dlatego tak ważna jest budowa i rozwój systemów wczesnego ostrzegania, które pomagają chronić wrażliwe społeczeństwa przed zagrożeniami klimatycznymi - obecnymi i przyszłymi. Jako WMO inicjujemy wiele działań i środków, by w ciągu najbliższych pięciu lat zapewnić każdemu mieszkańcowi Ziemi dostęp do informacji o potencjalnym zagrożeniu”.

Najważniejsze wnioski zawarte w United in Science 2022:

**1. STĘŻENIE GAZÓW CIEPLARNIANYCH W ATMOSFERZE.** Koncentracje najważniejszych gazów cieplarnianych, dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>), metanu (CH<sub>4</sub>) i podtlenku azotu

(N<sub>2</sub>O), nadal rosną. Tymczasowa redukcja emisji CO<sub>2</sub> w 2020 roku podczas pandemii miała tylko niewielki wpływ na stężenie tego gazu w atmosferze. Dane ze wszystkich lokalizacji na świecie, w tym z obserwatoriów na Mauna Loa (Hawaje, USA) i Cape Grim (Tasmania, Australia), wskazują że w zarówno w 2021, jak w 2022 roku poziom dwutlenku węgla rósł - w maju 2022 roku stężenie CO<sub>2</sub> w Mauna Loa osiągnęło 420,99 ppm (419,13 ppm w 2021 r.), a w Cape Grim 413,37 ppm (411,25 ppm w maju 2021 r.).

**2. GLOBALNE EMISJE I BUDŻETY GAZÓW CIEPLARNIANYCH.** Emisje dwutlenku węgla ze spalania paliw kopalnych w 2021 roku powróciły do poziomów sprzed pandemii (w 2020 roku zanotowany tymczasowy spadek o 5,4 proc.), a w okresie od stycznia do maja 2022 roku były o 1,2 proc. wyższe niż w roku 2019. Jeśli ten trend się umocni, będzie to istotna zmiana, ponieważ w latach 2010-2019 w 23 krajach świata, w tym Japonii, USA i wielu państwach europejskich, emisje CO<sub>2</sub> stale i znacznie się zmniejszały.

**3. KLIMAT ZIEMI W LATACH 2022-2026.** Przewiduje się, że w każdym z nadchodzących pięciu lat średnia roczna globalna temperatura powietrza będzie wyższa o 1,1 do 1,7 st. Celsjusza niż w okresie przedprzemysłowym (1850-1900), a prawdopodobieństwo, że przynajmniej w jednym roku przekroczy wartość 1,5 stopnia wynosi 48 proc. Ryzyko to wrażliwość w upływie czasu, przy czym szansa, że pięcioletnia średnia przekroczy próg półtora stopnia jest niewielka (ok. 10 proc.). Niemal pewne jest natomiast (prawdopodobieństwo 93 proc.), że co najmniej jeden rok w ciągu najbliższych pięciu lat będzie cieplejszy niż rekordowy dotychczas rok 2016, a średnia temperatura w okresie 2022-2026 będzie wyższa niż w ciągu ostatnich pięciu lat

**4. LUKA EMISYJNA.** Nowe krajowe deklaracje dotyczące łagodzenia skutków zmiany klimatu do 2030 roku wskazują na pewien postęp w zmniejszaniu emisji gazów cieplarnianych, ale są niewystarczające. Aby ograniczyć ocieplenie do 2 stopni, zobowiązania te musiałyby być czterokrotnie wyższe, a w przypadku granicy półtora stopnia - siedmiokrotnie wyższe. Najnowsze predykcje wskazują, że przy aktualnych deklaracjach, o ile zostałyby wypełnione, wzrost średniej globalnej temperatury powietrza do koń-

ca XXI wieku wyniesie 2,8 st. Celsjusza (zakres 2,3-3,3 st. Celsjusza); po ich aktualizacji nie przekroczy 2,5 stopnia (zakres 2,1-3,0).

**5. ZMIANA KLIMATU I MIASTA.** Miasta są odpowiedzialne za blisko 70 proc. wszystkich antropogenicznych emisji gazów cieplarnianych. Jednocześnie są bardzo podatne na skutki zmiany klimatu, takie jak nawalne opady atmosferyczne, wzrost poziomu morza, nasilające się powodzie przybrzeżne i ekstremalne upały. Do lat 50. obecnego wieku ponad 1,6 miliarda ludzi mieszkających w ponad 970 miastach będzie regularnie narażonych na 3-miesięczne średnie temperatury sięgające co najmniej 35 st. Celsjusza. Nisko położone przybrzeżne miasta i osady, takie jak Bangkok (Tajlandia), Houston (USA) i Wenecja (Włochy), stają się chronicznie narażone na częstsze i bardziej rozległe powodzie przybrzeżne z powodu podniesienia się poziomu morza i silnych sztormów.

**6. EKSTREMALNA POGODA I SKUTKI SPOŁECZNO-GOSPODARCZE.** Dzięki nauce dowody na związek między zmianą klimatu wywołaną przez człowieka a obserwowanymi zjawiskami ekstremalnymi, takimi jak fale upałów, obfite opady i cyklony tropikalne, stają się coraz silniejsze. Naukowcy z World Weather Attribution wykazali taką zależność m.in. w przypadku cyklonów tropikalnych uderzających w południowo-wschodnią Afrykę oraz fal upałów w Wielkiej Brytanii, które są w wyniku zmiany klimatu 10-krotnie bardziej prawdopodobne. Tymczasem w ciągu ostatnich 50 lat liczba katastrof związanych z pogodą, klimatem i wodą wzrosła pięciokrotnie, powodując straty w wysokości 202 mln USD dziennie. Ekstremalne zdarzenia pogodowe będą w najbliższej przyszłości przyczyną długotrwałych i rozległych skutków społeczno-gospodarczych, zwłaszcza w najbardziej narażonych społecznościach, które często są również najmniej przygotowane do reagowania, odbudowy i adaptacji.

**7. SYSTEMY WCZESNEGO OSTRZEGANIA: ADAPTACJA DO ZMIANY KLIMATU I OGRANICZANIE RYZYKA KATASTROF.** Blisko 3,6 miliarda ludzi żyje na terenach bardzo podatnych na zmianę klimatu. Dlatego jednym z najważniejszych zadań społeczności międzynarodowej jest podjęcie ambitnych



działań nie tylko w celu zmniejszenia emisji, ale także dostosowania się do nowej rzeczywistości klimatycznej, w szczególności ekstremalnych warunków pogodowych i negatywnych następstw synergicznych. Skutecznym środkiem adaptacyjnym są systemy wczesnego ostrzegania, które ratują życie, zmniejszają straty i szkody materialne. Tymczasem mniej niż połowa krajów na świecie dysponuje tego rodzaju systemami, a ich zasięg i poziom jest szczególnie niski w Afryce, krajach najsłabiej rozwiniętych i małych rozwijających się państwach wyspiarskich. Aktualnym priorytetem jest zapewnienie w ciągu najbliższych pięciu lat, wszystkim mieszkańcom Ziemi, dostępu do tzw. Multi-Hazard Early Warning

Systems. To ogromne wyzwanie, wymagające współpracy różnych podmiotów i innowacyjnych rozwiązań finansowych.

Prof. dr hab. Mirosław Miętus, Z-ca Dyrektora IMGW-PIB, Stały Przedstawiciel Polski w WMO: „Raport United in Science 2022 to kolejny ważny głos w dyskusji o przyszłości Ziemi. Przedstawione w nim fakty potwierdzają tezę, że klimat jako zasób naturalny wyczerpuje swój cywilizacyjny walor i z elementu sprzyjającego ludzkości (oczywiście z nieustanną i konieczną adaptacją) staje się powoli, ale jednocześnie coraz szybciej, czynnikiem ograniczającym rozwój, czy wręcz niszczącym naszą cywilizację. Ten raport to także kolejny apel, głośnie wołanie do całej społeczności międzynarodowej,

a zwłaszcza do decydentów, o podjęcie pilnych i natychmiastowych działań w celu uniknięcia katastrofy. Te decyzje będą oczywiście trudne i kosztowne, ale ich odkładanie w czasie, czy wręcz negowanie, co jest typowe dla wielu krajów, powoduje, że koszty w przyszłości będą jeszcze większe, a wysoki standard życia będzie możliwy tylko dla wybranych. Raport uzasadnia także przyjętą przez Światową Organizację Meteorologiczną strategię zbudowania w ciągu najbliższych 5 lat globalnego systemu ostrzegania o zagrożeniach”.

United in Science 2022 to czwarty z serii publikowanych od 2019 roku raportów, którego powstanie koordynuje Światowa Organizacja Meteorologiczna (WMO). W opracowaniu dokumentu wzięły udział międzynarodowe instytucje: Program Środowiskowy Organizacji Narodów Zjednoczonych (UNEP), Światowa Organizacja Zdrowia (WHO), Międzyrządowy Zespół ds. Zmiany Klimatu (IPCC), Global Carbon Project (GCP), World Climate Research Program (WCRP) i Met Office (Wielka Brytania). W raporcie przedstawiane są najnowsze dane i odkrycia naukowe związane ze zmianą klimatu, które mają służyć kształtowaniu globalnej polityki i działań.





# Klimat, pogoda, ludzie, gospodarka

**Zmiana klimatu napędza ekstremalną pogodę. W ciągu ostatnich 50 lat katastrofy związane z pogodą nasilają się, powodując coraz więcej szkód. Dzięki systemom wczesnego ostrzegania zmniejsza się liczba zgonów związanych z tymi zdarzeniami – to główny wniosek opublikowanego 1 września 2021 roku atlasu WMO na temat śmiertelności i strat ekonomicznych wywołanych ekstremalnymi warunkami pogodowymi, klimatycznymi i wodnymi w latach 1970-2019.**

Według WMO w ostatnim półwieczu statystycznie każdego dnia dochodziło do katastrofy związanej z niebezpieczną pogodą, powodującej śmierć 115 osób i straty ekonomiczne w wysokości 202 mln USD. Z powodu zmiany klimatu, bardziej ekstremalnych zdarzeń, a także w wyniku lepszej sprawozdawczości liczba katastrof wzrosła pięciokrotnie. Równocześnie dzięki systemom wczesnego ostrzegania i sprawnemu zarządzaniu liczba zgonów zmniejszyła się prawie trzykrotnie.

Dane opublikowane w atlasie WMO wskazują, że w latach 1970-2019 na całym świecie wystąpiło ponad 11 tys. katastrofalnych zdarzeń związanych z pogodą i klimatem, w których śmierć poniosło 2 mln osób, a straty ekonomiczne wyniosły 3,64 biliona USD. Zagrożenia pogodowe, klimatyczne i wodne stanowiły 50 proc. wszystkich katastrof, 45 proc. wszystkich zgłoszonych zgo-

nów i 74 proc. wszystkich zgłoszonych strat gospodarczych w badanym okresie. Ponad 91 proc. tych zgonów miało miejsce w krajach rozwijających się (wg klasyfikacji ONZ).

Spośród 10 największych katastrof, do najpoważniejszych strat w ludziach doprowadziły susze (650 tys. ofiar), burze (ponad 577 tys. ofiar), powodzie (ponad 58 tys. ofiar) i ekstremalne temperatury (ponad 55 tys. ofiar). Liczba zgonów spadła prawie trzykrotnie, z ponad 50 tys. w 1970 roku do mniej niż 20 tys. w roku 2010. W latach 70. i 80. odnotowano średnio 170 zgonów dziennie związanych z ekstremalnymi zdarzeniami pogodowymi. W latach 90. średnia ta spadła do 90 zgonów dziennie, a w 2010 roku wyniosła 40 zgonów dziennie.

Jeśli chodzi o straty gospodarcze, w pierwszej dekadzie zdarzeń znalazły się burze (521 mld USD) i powodzie (115 mld USD). W ciągu 50 lat przeciętnie każdego



dnia dochodziło do szkód w wysokości 202 milionów dolarów, a straty gospodarcze w tym okresie wzrosły siedmiokrotnie - z 49 mln USD dziennie w latach 1970-1979 do 220 mln USD dziennie w latach 2010-2019. Burze były najczęstszą przyczyną zniszczeń i powodowały największe straty gospodarcze na całym świecie. Jest to jedyne zagrożenie, dla którego przypisywany udział i skala stale rosną.

Trzy z dziesięciu najbardziej kosztownych katastrof miały miejsce w 2017 roku: huragany Harvey (96,9 mld USD), Maria (69,4 mld USD) i Irma (58,2 mld USD). Tylko te trzy huragany odpowiadały za 35 proc. łącznych strat gospodarczych w 10 największych katastrofach na całym świecie w latach 1970-2019.

### **Zwiększona ekspozycja na ryzyko.**

„Liczba ekstremalnych zjawisk pogodowych, klimatycznych i wodnych rośnie. W wyniku zmiany klimatu zdarzenia te staną się częstsze i dotkliwsze w wielu częściach świata”. - mówi sekretarz generalny WMO prof. Petteri Taalas. - „Oznacza to więcej fal upałów, susz i pożarów lasów, takich jak te, które ostatnio obserwowaliśmy w Europie i Ameryce Północnej. W atmosferze mamy więcej pary wodnej, co wywołuje ekstremalne opady deszczu i śmiertelne powodzie. Ocieplenie oceanów wpłynęło na częstotliwość i obszar występowania naj-

bardziej intensywnych burz tropikalnych. Straty ekonomiczne rosną wraz ze wzrostem poziomu zagrożenia społeczeństw. Ale za surowymi statystykami tli się światła nadziei. Udoskonalone systemy wczesnego ostrzegania doprowadziły do znacznego zmniejszenia śmiertelności. Po prostu jesteśmy lepsi niż kiedykolwiek wcześniej w ratowaniu życia”.

Jednak wiele jeszcze jest do zrobienia. Tylko połowa ze 193 członków WMO dysponuje systemami wczesnego ostrzegania, a w Afryce, niektórych częściach Ameryki Łacińskiej oraz na wyspach Pacyfiku i Karaibów istnieją poważne luki w sieciach obserwacji hydrologiczno-meteorologicznych. Dlatego WMO zacieśnia współpracę ze swoimi partnerami.

„Dzięki ostrzeżeniom ratuje się więcej istnień ludzkich, ale prawdą jest również, że liczba osób wystawionych na zagrożenia pogodowe i klimatyczne rośnie ze względu na stale zwiększające się zaludnienie obszarów narażonych na niebezpieczeństwo oraz wzmagającą się intensywność i częstotliwość zdarzeń pogodowych. Potrzebna jest szersza współpraca międzynarodowa, aby poradzić sobie z problemem ogromnej liczby osób wysiedlanych każdego roku z powodu powodzi, burz i suszy. Potrzebujemy większych inwestycji w kompleksowe zarządzanie ryzykiem klęsk żywiołowych, aby przystosowanie się do zmiany klimatu zostało włączone do

krajowych i lokalnych strategii”. - tłumaczy Mami Mizutori, Specjalna Przedstawicielka Sekretarza Generalnego ds. Redukcji Ryzyka Klęskowego i Szefa UNDRR. - „Pandemia COVID-19, której efekty nałożyły się w ciągu ostatnich 18 miesięcy na inne katastrofy pogodowe wywołane działalnością człowieka, pokazała potrzebę większych inwestycji w redukcję ryzyka klęsk żywiołowych i konieczność szerszego spojrzenia na te problemy. Musimy wzmocnić naszą gotowość na wiele różnorodnych scenariuszy. Jak wskazano w Planie działania w sprawie ram z Sendai dotyczących ograniczania ryzyka klęsk żywiołowych w latach 2015-2030, niepowodzenie w ograniczaniu strat spowodowanych klęskami żywiołowymi zagraża przede wszystkim krajom rozwijającym i uniemożliwia im wyeliminowanie ubóstwa, a także osiągnięcie innych ważnych celów zrównoważonego rozwoju”.

**Zalecenia.** Aby podkreślić wpływ określonych zagrożeń pogodowych, klimatycznych i wodnych, w atlasie WMO dokonano podziału katastrof i przedstawiono ich różnicowanie regionalne. Dane statystyczne w prezentowanej publikacji pochodzą z Emergency Events Database (EM-DAT) prowadzonej przez Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). Za wiarygodne uznaje się również inne systemy i mechanizmy zgłaszania katastrof,



w tym systemy UNDRR i WHO. Autorzy atlasu zachęcają do zwiększenia poziomu raportowania katastrof i powiązanych statystyk, co zapewni dokładne i spójne opracowywanie danych dotyczących zagrożeń.

W atlasie przedstawiono kluczowe wnioski z ostatnich 50 lat i sformułowano szereg zaleceń, m.in.:

- Dokonać przeglądu zagrożeń i podatności na te zagrożenia, biorąc pod uwagę zmianę klimatu.
- Wzmocnić mechanizmy finansowe systemów oceny ryzyka klęsk żywiołowych na poziomie krajowym i międzynarodowym, zwłaszcza w przypadku krajów najsłabiej rozwiniętych oraz małych rozwijających się państw i terytoriów wyspiarskich.
- Opracować zintegrowane i proaktywne polityki dotyczące klęsk żywiołowych wolno rozwijających się, takich jak np. susza.

### **Znaczenie zmiany klimatu dla ekstremalnych zdarzeń pogodowych.**

Według badań z lat 2015-2017, opublikowanych w rocznym dodatku do Biuletynu Amerykańskiego Towarzystwa Meteorologicznego, 62 z 77 zgłoszonych zdarzeń wskazuje na znaczący wpływ człowieka. Niemal każde badanie dotyczące ekstremalnych fal upałów od 2015 roku wykazało, że prawdopodobieństwo tego zdarzenia zostało znacznie zwiększone przez antropogeniczną zmianę klimatu.

Przypisanie czynników antropogenicznych zjawisku suszy nie jest tak jednoznaczne, jak w przypadku fal upałów z powodu naturalnej zmienności spowodowanej dużymi oscylacjami oceanicznymi i atmosferycznymi, np. El Niño. Jednak susza w Afryce Wschodniej w latach 2016-2017 była w dużym stopniu napędzana wysokimi temperaturami powierzchni morza w zachodniej części Oceanu Indyjskiego, do czego przyczynił się człowiek.

Zmiana klimatu nasiliła ekstremalne zdarzenia związane z niektórymi cyklonami tropikalnymi, które z kolei zwiększyły intensywność i skutki innych zdarzeń, takich jak powódzie, w nisko położonych miastach i deltach, na wybrzeżach i wyspach w wielu częściach świata.

Coraz więcej badań wskazuje również na wpływ człowieka na ekstremalne opady deszczu, czasami w połączeniu z innymi czynnikami klimatycznymi, takimi jak El Niño-Southern Oscillation. Przykłady obejmują ekstremalne opady we wschodnich Chinach

w czerwcu i lipcu 2016 roku oraz huragan Harvey, który uderzył w Houston w USA w 2017 roku.

**Rozkład przestrzenny katastrof pogodowych i klimatycznych oraz ich skutków.** Na całym świecie 44 proc. katastrof związanych jest z powodziami, a 17 proc. z cyklonami tropikalnymi.

Cyklony tropikalne i susze były najpowszechniejszymi zagrożeniami w odniesieniu do strat ludzkich, odpowiadając odpowiednio za 38 i 34 proc. zgonów spowodowanych katastrofami naturalnymi w latach 1970-2019. Jeśli chodzi o straty gospodarcze, 38 proc. było związanych z cyklonami tropikalnymi a 31 proc. z różnymi rodzajami powodzi (powódzie rzeczne - 20%, flash-floods - 3%, powódzie inne - 8%).

**Zróźnicowanie regionalne.** W Afryce od 1970 do 2019 roku 1695 zarejestrowanych katastrof spowodowało śmierć 731747 osób i straty gospodarcze w wysokości 38,5 mld USD. Na kontynencie afrykańskim wystąpiło 15 proc. katastrof związanych z pogodą, klimatem i wodą, 35 proc. związanych z nimi zgonów i 1 proc. strat gospodarczych zgłaszanych na całym świecie. Choć katastrofy związane z powodziami były najbardziej rozpowszechnione (60%), to susze doprowadziły do największej liczby zgonów, odpowiadając za 95 proc. wszystkich ofiar śmiertelnych w regionie. Większość zgonów miała miejsce podczas dotkliwych susz w Etiopii w 1973 i 1983 roku (łącznie 400 tys.), Mozambiku w 1981 roku (100 tys.) i Sudanie w 1983 roku (150 tys.).

W Azji w latach 1970-2019 odnotowano 3454 katastrofy, w których zginęło 975622 osób, a szkody gospodarcze wyniosły 1,2 bln USD. Na kontynencie azjatyckim wystąpiła prawie jedna trzecia (31%) zgłoszonych na całym świecie katastrof związanych z pogodą, klimatem i wodą, które odpowiadały za prawie połowę zgonów (47%) i jedną trzecią (31%) strat gospodarczych. Większość ekstremalnych zdarzeń związana była z powodziami (45%) i burzami (36%).

Najdotkliwsze w skutkach dla mieszkańców Azji były burze, które spowodowały 72 proc. ofiar śmiertelnych, oraz powódzie odpowiedzialne za największe straty gospodarcze (57%). 10 najintensywniejszych zarejestrowanych katastrof w Azji odpowiada za 70 proc. (680837 zgonów) wszystkich ofiar

śmiertelnych i 22 proc. (266,62 mld USD) strat gospodarczych w regionie.

Ameryka Południowa. 10 największych zarejestrowanych katastrof w regionie odpowiadało za 60 proc. wszystkich ofiar śmiertelnych (34854) i 3 proc. strat gospodarczych (39,2 mld USD). Najtragiczniejsze były powódzie, które doprowadziły do największej liczby katastrof (59%), zgonów (77%) i największych strat gospodarczych (58%) w regionie.

W Ameryce Północnej, Ameryce Środkowej i na Karaibach odnotowano 1977 katastrof, 74839 zgonów i straty gospodarcze w wysokości 1,7 biliona USD. W regionie odnotowano 18 proc. wszystkich zarejestrowanych na świecie katastrof związanych z pogodą, klimatem i wodą, 4 proc. związanych z nimi zgonów i 45 proc. związanych z nimi strat gospodarczych. Najczęstszą przyczyną były burze (54%) i powódzie (31%). Burze wiązały się z największymi ofiarami śmiertelnymi (71%) i stratami gospodarczymi (78%) w regionie. Aż 38 proc. światowych strat gospodarczych spowodowanych zagrożeniami pogodowymi, klimatycznymi i wodnymi przypada na Stany Zjednoczone.

W regionie południowo-zachodniego Pacyfiku odnotowano 1407 katastrof, 65391 zgonów i 163,7 miliardów USD strat gospodarczych. Większość tych katastrof była związana z burzami (45%) i powodziami (39%). Najwięcej zgonów spowodowały burze (71%). Udział strat gospodarczych wyniósł: 46 proc. dla burz, 24 proc. dla powodzi, 17 proc. dla susz i 13 proc. dla pożarów.

Katastrofy spowodowane zagrożeniami pogodowymi, klimatycznymi i wodnymi w Australii stanowiły 54 proc. (88,2 mld USD) strat gospodarczych na całym południowo-zachodnim Pacyfiku.

W Europie 1672 zarejestrowanych katastrof spowodowało śmierć 159438 osób i 476,5 mld USD szkód gospodarczych. Choć powódzie (38%) i burze (32%) były najczęstszą przyczyną odnotowanych katastrof, to za największą liczbę zgonów (93%) odpowiadały ekstremalne temperatury (ponad 148 tys. ofiar śmiertelnych w ciągu 50 lat).

Dwie ekstremalne fale upałów z 2003 i 2010 roku spowodowały śmierć 127946 osób (80% wszystkich zgonów związanych z wysokimi temperaturami). Fala upałów w 2003 roku była odpowiedzialna za połowę zgonów w Europie (45%) - łącznie 72210 zgonów w 15 dotkniętych nią krajach. ◀

# Miejskie powodzie – winny klimat czy człowiek?

Magdalena Skonieczna, Andrzej Hański, Michał Kasina, Janusz Topiłko, Marta Barszczewska, Marcin Wdowikowski

**Od 2010 roku, gdy wezbrane wody Wisły załwały dwukrotnie Sandomierz, nie mieliśmy w Polsce do czynienia z dużymi, rozległymi powodziami rzeczными. Jednak w ostatnich latach coraz częściej pojawiają się pojedyncze, punktowe zdarzenia, związane głównie z ekstremalną pogodą. Mimo niedużej skali, powodzie wywołane przez nawalne deszcze powodują poważne straty w infrastrukturze i są niezwykle groźne dla ludzi – szczególnie w obszarach zurbanizowanych. Czy wzrost zagrożenia powodziami w miastach należy wiązać ze zmianą klimatu? Jakie są inne przyczyny tego zjawiska? A może największym problemem jest człowiek?**

Rzeki stanowiły w historii cywilizacji jeden z najważniejszych czynników rozwojowych miast. Umożliwiały szybką i sprawną komunikację, były źródłem wody pitnej, pełniły również niejednokrotnie funkcję obronną. Czasem jednak stawały się śmiertelnym zagrożeniem dla mieszkańców, występując z brzegów i zalewając domy, ulice oraz inne budynki użyteczności publicznej. Dla ochrony miast przed powodziami zaczęto wznosić wały przeciwpowodziowe i inne urządzenia oraz obiekty, mające zatrzymać nadmiar wody w korycie rzeki. Dziś coraz większym zagrożeniem, wobec którego klasyczna infrastruktura hydrotechniczna pozostaje bezradna, są szybkie powodzie związane z lokalnymi ciekami (których zlewnie w znacznej części leżą na terenie miasta) lub specyficzną rzeźbą terenu i sztuczną zabudową. Za ich tworzenie się w głównej mierze odpowiadają intensywne opady, najczęściej burzowe – określane potocznie oberwaniami chmury (ang. *cloudburst*) – o wysokości co najmniej 20 mm/h<sup>1</sup>.

**Powódź rzeczna a „flash floods” i „urban floods”.** W praktyce nie jest łatwo odróżnić powodzie rzeczne od tych spowodowanych bezpośrednio opadami. Szczególnie

jeśli myślimy o lokalnych ciekach, których zlewnie leżą w granicach miasta. Woda opadowa spływa zgodnie z nachyleniem teren w kierunku lokalnych odbiorników, gromadzi się w zagłębieniach lub zatrzymuje się na płaskich powierzchniach miejskich, ponieważ system kanalizacji nie radzi sobie z jej większą ilością (<https://dziennikbałtycki.pl/wielka-ulewa-w-gdansk-w-2016-r-trzy-lata-temu-deszcz-zatopil-wiele-ulic-miasta-zdjecia-wideo/ga/c1-12255725/zd/24618110>). W takich sytuacjach miasto i lokalne cieki stanowią jeden system, który musi być rozpatrywany integralnie.

Zalania i podtopienia w wyniku ulewnego deszczu zdarzają się praktycznie we wszystkich większych miastach w Polsce. W 2021 roku burze z tzw. oberwaniami chmury wystąpiły m.in. w Poznaniu, Swarzędzu, Krakowie, Zielonej Górze, Szczecinie i Białymstoku. Ale powodzie wywołane ekstremalną pogodą mogą pojawiać się zarówno na obszarach zurbanizowanych, jak i użytkowanych w inny sposób. Dlatego też w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej, na potrzeby analiz i prac naukowych, przyjmuje się podział na powodzie błyskawiczne, tzw. *flash floods* i powodzie miejskie, czyli *urban floods*.

Powódź błyskawiczna jest szczególnym przypadkiem powodzi opadowej o lokalnym zasięgu, bardzo szybkim przebiegu i krótkim czasie trwania (zwykle mniej niż 6 godzin). Najczęściej jest wywołana opadami deszczu o dużej wydajności, często o charakterze burzowym, występującym na relatywnie małym obszarze. Powódź błyskawiczna może zdarzyć się w każdym miejscu, a czynnikami determinującymi jej wystąpienie są nachylenie powierzchni terenu, użytkowanie gruntów, typ gleby oraz pokrycie roślinnością. Tego rodzaju zdarzenie może być również wywołane awarią urządzeń hydrotechnicznych (<https://tv.trojmiasto.pl/Zawalanie-sie-zapory-na-ziorniku-Subislaw-Gdansk-19-07-2016-video-16673.html>), przerwaniem zapory lub wału przeciwpowodziowego, a także nagłym uwolnieniem wody zatrzymanej przez zator lodowy.

Jedną z cech charakterystycznych powodzi błyskawicznych jest fakt, że kończą się równie nagle, jak zaczynają. Z tego względu, a także z uwagi na dużą prędkość przemieszczania się wody, *flash floods* są bardzo niebezpieczne. Silny nurt z łatwością przenosi samochody, powala drzewa, podmywa grunt, a czasem porywa całe budynki. W trakcie powodzi błyskawicznej poziom wody jest

<sup>1</sup> Niekiedy są klasyfikowane jako opady powyżej 10-15 mm w ciągu 15-20 minut.



zazwyczaj niewielki, ale może on znacznie wzrastać, jeśli zdarzenie ma miejsce na małej i ograniczonej powierzchni.

Sprzysiężając warunki do powstania powodzi typu flash flood występują również na obszarach miejskich, a głównym czynnikiem jest tu brak odpowiedniego drenażu. Ze względu na niewielką ilość przestrzeni wolnych od wszelkiego rodzaju zabudowy oraz infrastruktury drogowej, które mogłyby być wykorzystane do magazynowania wody, niemal cała objętość opadów musi być w mieście odprowadzona do wód powierzchniowych lub do kanalizacji deszczowej. Jeżeli systemy te nie są sprawne bądź ich wydajność jest zbyt mała, wówczas woda zaczyna gromadzić się na ulicach i wdzierać się w niżej położone miejsca, jak stacje metra, tunele, piwnice itp. W takiej sytuacji mówimy o powodzi miejskiej.

Urban floods całkowicie destabilizują funkcjonowanie miasta i życie mieszkańców. Zablokowane przez wodę drogi, torowiska i inne ciągi komunikacyjne sprawiają trudności w dotarciu do pracy, szkoły i innych obiektów użyteczności publicznej. Mogą pojawić się problemy z dostawą energii elektrycznej i innych mediów, a także z dostępem do niektórych usług. Poza szczególnymi przypadkami, związanymi z wyjątkowo niekorzystnym ukształtowaniem terenu, przybór wody w trakcie powodzi miejskiej jest zazwyczaj dość wolny, a prędkość jej przepływu jest niewielka. Dlatego nie zagraża ona życiu ludzi tak bardzo jak flash flood ([https://www.youtube.com/watch?v=gt6ZsI5\\_BoE](https://www.youtube.com/watch?v=gt6ZsI5_BoE), <https://www.youtube.com/watch?v=CSAqnk37yIU>). Natomiast straty gospodarcze mogą być wysokie i często jeszcze kilkanaście godzin po ustąpieniu powodzi występują poważne zakłócenia organizacyjne.

**Mechanizm powstawania powodzi i czynniki ryzyka.** Powódź błyskawiczna może wystąpić nawet w kilka minut po opadzie. Jeśli jest on wystarczająco silny, woda gwałtownie spływa po stokach gór lub zboczach dolin, wyrrywając drzewa, niszcząc mosty i zabudowania. Czynnikiem sprzyjającymi wystąpieniu nagłej powodzi są rzeźba terenu, rodzaj gleb i ubogie w roślinność użytkowanie terenu. Duże nachylenie stoków oraz liczne i wąskie doliny przyspieszają spływ wody i zwiększają niebezpieczeństwo. Podobny mechanizm ob-

serwujemy w obszarach zurbanizowanych, gdzie w terenie zabudowanym materiałami nieprzepuszczalnymi (jezdnie, chodniki, place, rynki) znacznie zwiększa się spływ wód opadowych - od 2 do 6 razy w stosunku do terenów naturalnych.

Za główne czynniki wpływające na wielkość zagrożenia powodziowego w miastach można uznać:

- występowanie obszarów bezodpływowych;
- występowanie obszarów płaskich o małym nachyleniu 2-3%, z których woda odpływa na tyle powoli, że jej ilość może stwarzać zagrożenie;
- obszary o dużych deniwelacjach terenu;
- uszczelnienie terenu, które powoduje utrudnienie lub całkowity brak infiltracji wód opadowych.

**Przykłady powodzi na obszarach miejskich.** Gdańsk, 14/15 lipca 2016 roku. Letnią powódź w Gdańsku wywołała ekstremalna pogoda - w ciągu 14 godzin spadło 160 mm deszczu, podczas gdy norma opadów dla lipca z wielolecia 1981-2010 dla stacji synoptycznej Gdańsk Świbno wynosi 68,4 mm. Szczególnie niekorzystną okolicznością był fakt, że główna część opadów wystąpiła na tzw. górnym tarasie Gdańska, co spowodowało gwałtowny przyrost poziomu wody w potokach, które zamieniły się w rwące rzeki.

Z raportu opublikowanego przez Urząd Miasta w Gdańsku wynika, że wskutek powodzi zginęły dwie osoby, a około siedemdziesiąt osób wymagało pomocy służb ratowniczych. Łączne straty oszacowano na 10,5 mln zł, z czego: 39 proc. stanowiły zniszczenia w infrastrukturze drogowej, w tym uszkodzone torowiska i tramwaje, 17 proc. kosztów pochłonęło usuwanie skutków powodzi w budynkach komunalnych (zalane piwnice, uszkodzone dachy) i placówkach edukacyjnych, a 18 proc. remonty zbiorników retencyjnych (Subisława 4 i Nowiec). Pozostałe straty związane były m.in. z naprawami na terenie Gdańskiego Ogrodu Zoologicznego, porządkowaniem zieleni miejskiej i oczyszczaniem miasta.

Elbląg, 18 września 2017 roku. Bezpośrednią przyczyną powodzi były gwałtowne opady, które zaczęły się około północy z 17 na 18 września. W pierwszej dobie, według danych IMGW-PIB, spadło 60 mm deszczu, w kolejnej 70 mm, ale opady nie były przez

te dwa dni rozłożone równomiernie. Z brzegów wystąpiła rzeka Kumiela, a w obszarze zurbanizowanym doszło do intensywnego spływu powierzchniowego. Zalaniu uległo łącznie dwadzieścia szkół i placówek oświatowo-wychowawczych, dwadzieścia sześć domów mieszkalnych, a także infrastruktura komunikacyjna. Około osiemdziesiąt osób złożyło wnioski o pomoc. Poważnie zagrożony był prywatny szpital, a w szczególności generatory prądu i pompy do wykonywania dializ, które znajdowały się w piwnicy. W akcji wzięło udział ponad czterystu pięćdziesięciu strażaków i policjantów, wojsko pomagało przy układaniu worków z piaskiem na wałach.

Poznań, 22 czerwca 2021 roku. Nawalne opady deszczu wystąpiły między 12:30 a 17:30. W początkowej fazie dotknęły one wschodnich obszarów aglomeracji poznańskiej, a później objęły również dzielnice w centrum i zachodniej części miasta. Na Lotniskowej Stacji Meteorologicznej Poznań-Ławica zanotowano sumę opadu równą 79,4 mm, co stanowi 137% normy opadów w miesiącu czerwcu. O godzinie 15:00 godzinowa suma opadu wyniosła 75,2 mm, a trzydziestominutowa 59,4 mm (miejscami w 10 minut spadło prawie 25 mm deszczu). Na stacji opadowej w Gruszczynie, zlokalizowanej na wschodnich obrzeżach aglomeracji, w ciągu doby spadło 136,9 mm deszczu - aż 236% normy dla czerwca.

Poznań przez kilka godzin był wręcz sparaliżowany, zalane zostały ulice, węzły komunikacyjne i wiadukty. W obniżeniach terenu kierowcy zmuszeni byli porzucić unieruchomione przez wodę auta. Podtopieniu uległo wiele domów mieszkalnych, budynków komunalnych i publicznych, w tym m.in. szpitali. Na osiedlu Pod Lipami zawałiła się część konstrukcji dachu szkolnej hali sportowej. Dzięki przeprowadzeniu sprawniej ewakuacji w zdarzeniu nikt nie ucierpiał. Intensywne opady spowodowały wezbranie małych rzek przepływających przez miasto. W przypadku Bogdanki i Górczynki woda wystąpiła z koryt, co doprowadziło do powstawania zalań i podtopień wzdłuż biegu obu cieków.

**Ulewne deszcze staną się normą?** Wiemy już, że jednym z istotnych czynników powodujących wzrost ryzyka powodzi miejskich jest uszczelnienie powierzchni oraz indywidualne uwarunkowania prze-

strzenne danego miasta. Jednak do pełnego obrazu tych zagrożeń potrzebujemy analizy trendów drugiego czynnika, jakim jest klimat i pogoda.

Obserwowana współcześnie zmiana klimatu jest przyczyną wzrostu częstości i intensywności ekstremalnych zjawisk meteorologicznych i hydrologicznych na całym świecie, w tym również nawalnych deszczów. Badania wskazują, że globalne ocieplenie będzie w najbliższych dziesięcioleciach w Polsce powodować zwiększanie się dysproporcji przestrzennej i czasowej występowania długookresowych epizodów suszy i ponadnormatywnych opadów deszczu. Analizy trendów częstości występowania opadów dobowych powyżej 20 i 30 mm, wykonane dla 42 posterunków pomiarowych IMGW-PIB, pokazują że w większości polskich miast do końca XXI wieku zwiększy się ryzyko wystąpienia tego typu zjawisk.

Skutkiem prognozowanego wzrostu wydajności opadów w Europie będzie rosnąca liczba powodzi błyskawicznych, powodujących bezpośrednie zagrożenie życia i rozległe szkody w gospodarce i infrastrukturze. Jeżeli zestawimy to z informacją o dalszym wzroście liczby mieszkańców miast (wg <https://ec.europa.eu/jrc/en/luisa> do 2050 roku udział ludności miejskiej w UE może wynieść 70 proc.), to możemy się spodziewać, że problem powodzi miejskich będzie narastał. Tymczasem średnioroczne straty spowodowane powodziami flash floods i urban floods są prawie równe dużym powodziom rzeczonym, które występują średnio raz na sto lat.

**Projektowanie systemów odwodnieniowych - adaptacja którą musimy poprawić.** Obowiązująca w Polsce norma projektowania systemów odwodnieniowych (PN-EN 752:2017), określa dwa parametry częstości występowania deszczu, które różnicowane są w zależności od rodzaju zabudowy. Pierwszym jest częstość deszczu obliczeniowego, dla której nie powinno dochodzić do przekroczenia przepustowości systemu odwodnieniowego (kanalizacji deszczowej). Dla obszarów miejskich, w zależności od struktury zabudowy, wartości przeciętnego okresu powtarzalności wynoszą raz na 2, 5 i 10 lat. Drugim parametrem jest częstość występowania wylewów z systemów kanalizacyjnych, powodujących podtopienia i zalania dla różnego typu

zabudowy, określonego dla siedmiu przykładowych lokalizacji. Częstości wylewów zwiększają się w zależności od wrażliwości rodzaju zabudowy na potencjalne zalewy. Przykładowo dla dróg i otwartych przestrzeni w pobliżu budynków wynoszą 5 lat, a dla infrastruktury krytycznej 50 lat.

Wartości obu parametrów projektowych uwarunkowane są oczywiście kwestiami ekonomicznymi budowy systemów odwodnieniowych - im wyższe kryteria, tym większy koszt realizacji inwestycji. Należy zauważyć, że wartości częstości, dla których system kanalizacyjny powinien działać bez powstawania wylewów są stosunkowo niewielkie, co oznacza, że z góry zakładamy występowanie przekroczeń przepustowości. W takiej sytuacji odpowiednio dobrany parametr zagrożenia wylewami z kanałów i podtopień terenów powinien zmniejszać ryzyko realnego zagrożenia dla danego typu zabudowy.

Norma PN-EN 752:2017, w porównaniu z wcześniejszymi wytycznymi ujętymi w PN-EN 752:2008, wprowadziła do prac projektowych stosowanie wyższych wartości dla spodziewanej częstości wylewów. Zwiększono poziom zabezpieczenia analogicznych typów zabudowy. Zatem budowa nowych i modernizacja istniejących systemów kanalizacyjnych powinna zabezpieczać przed powstawaniem zjawisk powodziowych na nieco wyższym poziomie niż wcześniej.

Drugim podejściem stosowanym w praktyce są analizy, określające zagrożenie terenów w przypadku powstawania wylewów z systemu kanalizacyjnego, które powinny obejmować obliczenia hydrauliczne w sieci kanalizacyjnej oraz ustalenie kierunków przepływu i głębokości zalewów na powierzchni terenu. Prace te można wykonać w modelach zintegrowanych, tj. dokonujących obliczeń przepływu w sieci kanalizacyjnej z równoczesnym procesem przepływu po powierzchni terenu. Połączenie między modelami realizowane jest przez studzienki i wpusty kanalizacyjne. Innym rozwiązaniem jest luźne powiązanie obu zjawisk w osobnych symulacjach, np. przeprowadzenie obliczeń w pierwszej kolejności dla systemu kanalizacyjnego, a następnie w kolejnej symulacji dla powierzchni terenu. Do obliczeń przepływu po powierzchni najlepiej nadają się modele hydrodynamiczne opisujące ruch dwuwymiarowy (2D). W wyniku ich zastosowania

powstaje dość wiarogodny obraz przepływu nadmiaru wody, włącznie z określeniem prędkości przepływu oraz głębokościami zalewu, w tym w obniżeniach terenowych i obszarach bezodpływowych. O ile obliczenia dla sieci kanalizacji deszczowej są zasadniczym elementem inżynierskiej praktyki projektowej, o tyle zastosowanie analizy przepływu po powierzchni terenu, w tym za pomocą modeli hydrodynamicznych 2D, wykracza poza standard i wymaga nieco innego zakresu wiedzy i doświadczenia.

W odniesieniu do wspomnianych modeli zintegrowanych, ważnym ograniczeniem są stosunkowo wysokie koszty programów komputerowych realizujących obliczenia, jako że dostępne są w zasadzie jedynie rozwiązania komercyjne. Jednocześnie należy zauważyć, że wytyczne dotyczące określenia częstości wylewów i analizy ich skutków są bardziej zaleceniami niż ściśle realizowanym wymogiem projektowym. Z tego też względu analizy w pełnym zakresie opracowywane były dotychczas stosunkowo nieczęsto.

Czy za powódzie miejskie odpowiedzialna jest zmiana klimatu? To źle postawione pytanie. Globalne ocieplenie powoduje, że coraz częściej występują ekstremalne zdarzenia pogodowe. To fakt potwierdzony przez Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu. Jednak sposób, w jaki dany obszar reaguje na np. nawalny deszcz, zależy od wielu innych czynników, w tym od rodzaju użytkowania terenu. Im bardziej więc ingerujemy w naturalne systemy i łańcuchy zależności środowiskowej i im bardziej „zabetonowane” stają się nasze miasta, tym większe ryzyko, że pewnego dnia każdy z nas doświadczy szybkiej powodzi miejskiej. A ponieważ, jak czytamy w najnowszym Sixth Assessment Report, „nie ma cienia wątpliwości, że źródłem współczesnej zmiany klimatu jest działalność człowieka”, to za większość tego typu niebezpiecznych zdarzeń powinniśmy winić przede wszystkim nas samych.

Jak to zmienić? Poprawić wytyczne i normy, które ze względów ekonomicznych dopuszczają do okresowego przekroczenia wydajności urządzeń odwodnieniowych. Wprowadzać do miast jak najwięcej zieleni i miejsc, w których nadmiar wody może być w naturalny sposób retencjonowany. Ciąć emisje gazów cieplarnianych i skończyć z wszechobecną „betonozą” miejskiego krajobrazu. ◀

# Granica życia

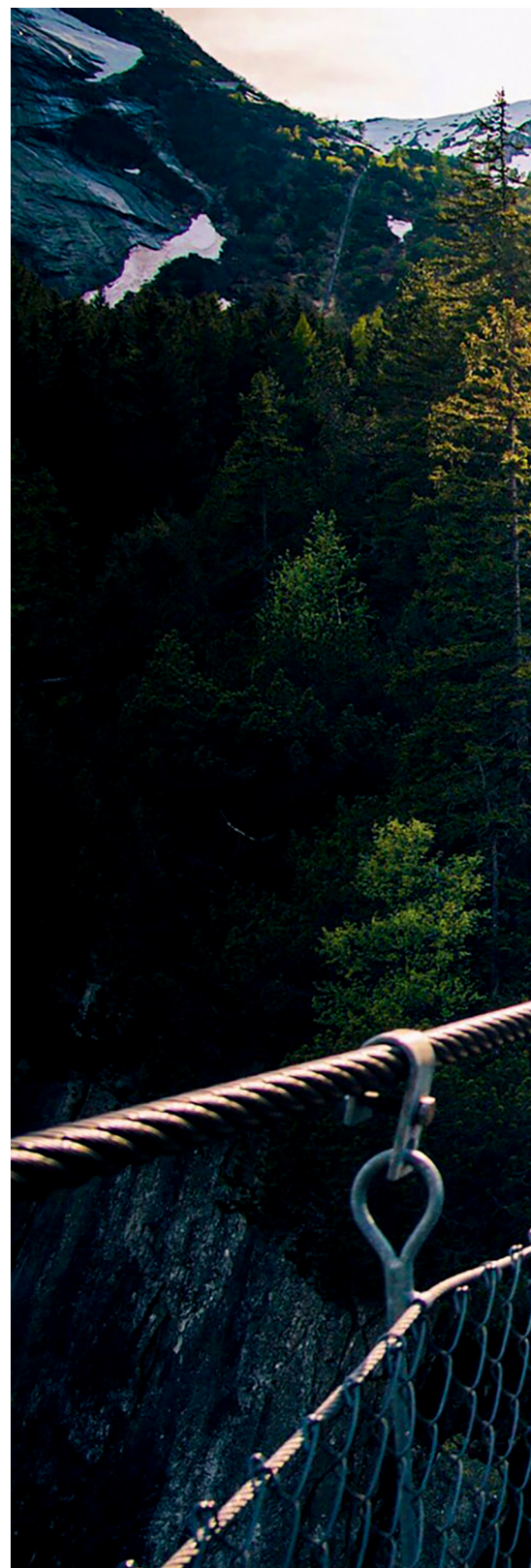
Rafał Stepnowski

**Jedną z najważniejszych informacji przedstawianych na mapach pogodowych jest temperatura powietrza. Większość z was – szczególnie latem – oczekuje, że jej wartości będą jak najczęściej szybować w okolice 30 st. Celsjusza. Chyba że należycie do tej „garstki” zimnolubnych, którym tak jak mi wystarczy kilka stopni powyżej zera i dla których upalne dni są najtrudniejszym okresem w roku. Pozostawmy jednak na boku osobiste preferencje, ponieważ znacznie ważniejszym pytaniem w przypadku temperatury powietrza jest to, w jaki sposób wpływa ona na nasze zdrowie. I czy w obliczu zmiany klimatu i globalnego ocieplenia na pogodowych mapach nie powinien na stałe zagościć mało znany parametr meteorologiczny, jakim jest temperatura mokrego termometru.**

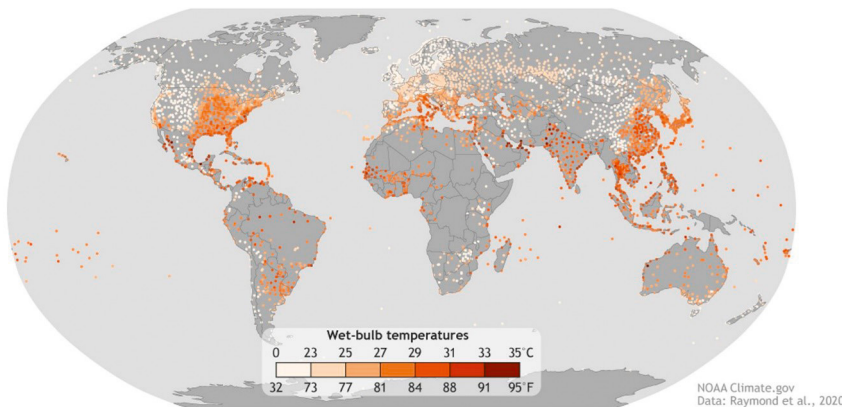
Termometr „suchy” i „mokry” – te dwa przyrządy są kluczowe dla funkcjonowania aparatu o nazwie psychrometr, który służy do pomiaru wilgotności. Zasada jego działania jest prosta. Termometr „suchy” podaje faktyczną temperaturę powietrza. Z kolei „mokry” jest owinięty gazą zwilżoną wodą i pokazuje wartość temperatury w otoczeniu przyrządu – a ta spada w wyniku parowania wody z materiału. Ponieważ szybkość parowania zależy od ilości pary wodnej znajdującej się w powietrzu, stąd spadek temperatury jest zależny od wilgotności względnej. Im więcej wilgoci w powietrzu, tym termometr „mokry” będzie wskazywał wyższą temperaturę, ponieważ woda z gazy

będzie wolniej wyparowywać. W gorącym i suchym otoczeniu proces ten będzie zachodził szybciej, a wskazanie termometru „mokrego” będzie niższe. Różnica wskazań obu przyrządów nazywa się różnicą psychrometryczną i pozwala wyliczyć wilgotność względną powietrza. Ta interesująca zapewne tylko dla meteorologów zależność ma jednak dla nas ogromne znaczenie – zwłaszcza w kontekście ocieplającego się klimatu.

**Kontekst zdrowotny.** Dla ludzi, zwłaszcza osób starszych, dzieci i przewlekle chorych zbyt wysoka temperatura jest niezwykle groźna. Człowiek jako istota stałocieplna produkuje dużą ilość energii cieplnej, której







Na mapie wskazano miejsca, w których w latach 1979-2017 wystąpiły epizody wysokiej temperatury i wilgotności powietrza (najgorętsze 0,1 proc. dziennych maksymalnych temperatur termometru wilgotnego). Niektóre obszary – jak Indie, Australia, czy też kraje Zatoki Perskiej i Ameryki Środkowej – doświadczyły już warunków na poziomie lub w pobliżu granicy 35°C (95°F).

musi się pozbyć. Gdy w otoczeniu jest zbyt ciepło, dochodzi do przegrzania organizmu, co prowadzi do szeregu negatywnych zjawisk fizjologicznych: podwyższenia temperatury ciała, zwiększenia częstości akcji serca i oddechów, rozszerzenia naczyń krwionośnych, wzrostu potliwości i skurczów mięśni. W takich warunkach bardzo ważne jest stałe nawadnianie, które pozwala uzupełnić utratę wody i soli oraz umożliwia dalsze pocenie się – podstawowy mechanizm schładzania skóry. Problem w tym, że przy zwiększonej wilgotności dochodzi do zjawiska obserwowanego w trakcie pomiaru temperatury mokrym termometrem. Woda w postaci potu nie odparowuje, nasz organizm się nie schładza i jego temperatura niebezpiecznie rośnie. Jaka jest więc granica ciepła życia?

W środowisku naukowym przyjęto, że dla człowieka i wielu ssaków granicą śmiertelną jest 6-godzinna ekspozycja organizmu na temperaturę mokrego termometru powyżej 35 st. Celsjusza (nie należy jej mylić z temperaturą powietrza – ta może być znacznie wyższa). Jednak wyniki ostatnich badań wskazują, że ten próg jest niższy i zależy od wielu czynników. Do ciekawych i alarmujących wniosków doszli autorzy artykułu *Evaluating the 35°C wet-bulb temperature adaptability threshold for young, healthy subjects (PSU HEAT Project)*<sup>1</sup>, który ukazał się w *Journal of Applied Physiology* pod

koniec stycznia 2022 roku. W przeprowadzonym eksperymencie zbadano krytyczną temperaturę mokrego termometru, przy której stres cieplny staje się niebezpieczny u młodych, zdrowych osób dorosłych, wykonujących codzienne czynności niepowodujące zwiększonego wysiłku fizycznego. Dla sześciu różnych warunków środowiskowych u wszystkich badanych osób poziom stresu cieplnego nie osiągnął limitu 35 st. Celsjusza i był znacznie niższy – średnio 30,55±0,98 stopnia (przy wyższej wilgotności i temperaturze powietrza 36-40 st. Celsjusza). W cieplejszym, suchszym otoczeniu wartości mokrego termometru stopniowo malały. Wyniki eksperymentu dowiodły, że próg 35 stopni nie może być przyjęty automatycznie we wszystkich warunkach klimatycznych, a w środowisku o dużej wilgotności jego wartość jest niższa. To pierwsze na świecie badanie, w którym wykorzystano empiryczne obserwacje fizjologiczne do zbadania tego problemu. Ustalenia amerykańskich uczonych mogą tłumaczyć fakt, że w 2003 roku fala upałów w Europie zabiła tysiące osób, mimo, że temperatura mokrego termometru nie przekroczyła wówczas 28 st. Celsjusza.

**Najnowsze doniesienia „alarmujące”.** W latach 50. XX wieku badania nad stresem cieplnym i zagadnieniami wpływu wysokiej temperatury na człowieka prowa-

dziła armia amerykańska. W efekcie tych prac stworzono wskaźnik *Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)*<sup>2</sup>, który wykorzystywano do ochrony osób pozostających pod dużym obciążeniem promieniowania słonecznego. Ponieważ opracowany indeks charakteryzował się prostotą i łatwością wyznaczania, bardzo szybko stał się popularny w innych branżach – w latach 70. rekomendował go amerykański Narodowy Instytut Bezpieczeństwa Pracy i Zdrowia, a w 1982 roku został oficjalnie zaakceptowany na forum międzynarodowym i wpisany do normy ISO 7243:1982.

Mimo głosów krytykujących, wskaźnik WBGT pozostaje do dzisiaj powszechnie używany w ocenie obciążeń termicznych w klimacie gorącym i jest stosowany do obrazowania prognoz tego parametru w obliczu zmiany klimatu. Nie sposób odnieść się do wszystkich wyników badań, więc przedstawimy poniżej tylko kilka przykładów. Niemniej naukowcy są zgodni – wraz z ocieplaniem się atmosfery ziemskiej i wzrostem ilości energii w systemie klimatycznym w wielu regionach świata niebezpiecznie zbliżamy się do bariery 35 st. Celsjusza. Jej przełamanie spowoduje, że miejsca te staną się niezdatne do życia dla ludzi i większości ssaków.

Jednym z przykładów jest opracowanie z 2018 roku, opublikowane w magazynie *Atmosphere*, pt. *Projected changes in Wet-Bulb Globe Temperature under alternative climate scenarios*<sup>3</sup>, w którym przedstawiono prognozy zmiany wskaźnika WBGT w różnych scenariuszach klimatycznych. Nawet dla najbardziej optymistycznego scenariusza RCP2.6, zakładającego drastyczną redukcję emisji gazów cieplarnianych (który w obliczu aktualnych działań społeczności światowej jest mało prawdopodobny), do 2100 roku globalny wzrost WBGT wyniesie od 0,6 do nawet 1,7 st. Celsjusza. W scenariuszu RCP8.5, w którym zakłada się dalszy wzrost emisji, wartość wskaźnika zwiększa się o 2,37-4,4 stopnia. Najbardziej dramatyczne zmiany są spodziewane w północnych Indiach, w Chinach, północnej Australii, Afryce, Ameryce Środkowej i Azji Południowo-Wschodniej. Wiele tych regionów nie ma odpowiedniej infrastruktury do ograniczania negatywnego wpływu stresu cieplnego na obywateli, a ich możliwości adaptacyjne są bardzo ograniczone.

<sup>1</sup> <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00738.2021>

<sup>2</sup> Wet Bulb Globe Temperature jest miarą stresu cieplnego w bezpośrednim świetle słonecznym, która uwzględnia: temperaturę, wilgotność, prędkość wiatru, kąta nasłonecznienia i zachmurzenie (promieniowanie słoneczne). Wartość wskaźnika określa się na podstawie pomiaru temperatury powietrza za pomocą termometru suchego, wilgotnego oraz pocenionego termometru kulistego (termometru Vernona).

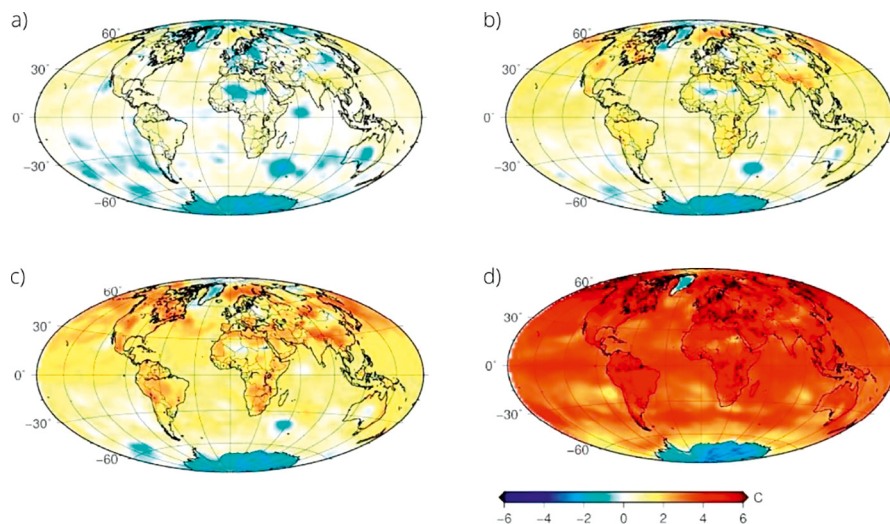
<sup>3</sup> <https://doi.org/10.3390/atmos9050187>



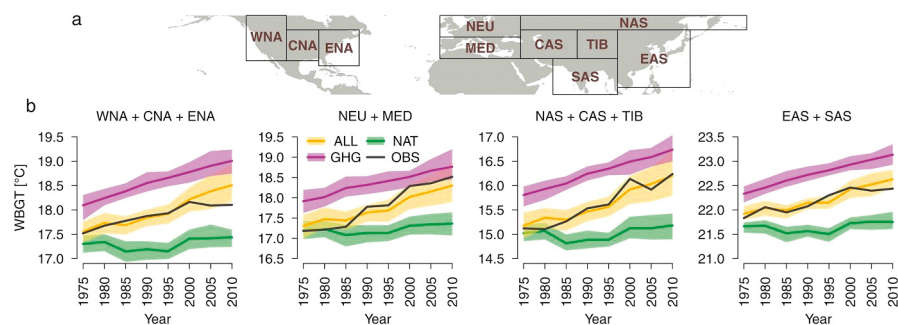
Równie alarmujące wnioski przedstawili autorzy publikacji *Temperature and humidity based projections of a rapid rise in global heat stress exposure during the 21st century*<sup>4</sup>. Według ich badań do 2080 roku częstotliwość pojawiania się ekstremalnych temperatur termometru wilgotnego może wzrosnąć nawet dwukrotnie w obszarach tropikalnych i niektórych regionach średnich szerokości geograficznych - a więc w krajach, które będzie wówczas zamieszkiwać około połowy światowej populacji. Ponadto od pięciu do 10 razy wzrośnie ryzyko pojawienia się fal upałów zagrażających każdego dnia życiu od 150 do nawet 750 mln ludzi. Dla najgorszego scenariusza RCP8.5 nawet milion osób dziennie może być wystawiona na śmiertelny próg 35 st. Celsjusza. Pocięszające jest, że w scenariuszu RCP4.5 to ryzyko właściwie znika.

Amerykańsko-kanadyjski zespół badaczy w 2017 roku<sup>5</sup> wskazywał, że w wyniku antropogenicznej zmiany klimatu na obszarach lądowych półkuli północnej prawdopodobieństwo wystąpienia latem ekstremalnie wysokich średnich WBGW wzrosło co najmniej 70-krotnie! Prognozy dla pesymistycznego scenariusza RCP8.5 wskazują, że dla co najmniej połowy sezonów letnich średnia WBGW do 2030 roku będzie wyższa niż obserwowane historyczne wartości rekordowe tego wskaźnika, a częstotliwość takich przypadków wzrośnie do 95 proc. do połowy XXI wieku.

Negatywne efekty wzrostu stresu cieplnego nie ominą też Europy. Prognozy klimatyczne na następne dziesięciolecia pokazują ciągłe i przyspieszone ocieplenie na kontynencie oraz wzrost częstości występowania dłuższych i intensywniejszych falami upałów w skali regionalnej i lokalnej. W pracy *Escalating environmental summer heat exposure - a future threat for the European workforce*<sup>6</sup> z 2020 roku przedstawiono wyniki badań sugerujące, że w dużej części Europy wskaźnik WBGW będzie w przyszłości przekraczać poziom krytyczny dla ludzi aktywnych fizycznie znacznie częściej niż obecnie. Z tego względu wydajność pracy może znacznie spaść, zwłaszcza na południu kontynentu. Już dziś przemysł europejski powinien zacząć adaptować się do przewidywanych zmian, aby zapobiec po-



Przewidywana zmiana maksymalnej miesięcznej wartości WBGW w okresie 2091-2100 w stosunku do średniej z wielolecia 1948-2010 w różnych scenariuszach klimatycznych: a) RCP2.6, b) RCP4.5, c) RCP6.0, d) RCP8.5. (źródło: Projected changes in Wet-Bulb Globe Temperature under alternative climate scenarios).



Obserwowany w latach 1975-2010 wzrost wskaźnika WBGW w okresie letnim, z uwzględnieniem wymuszeń antropogenicznych. (a) granice 10 regionów przyjętych do analiz między 10 a 60°N; (b) obserwowane i symulowane 5-letnie średnie letnie WBGW. (źródło: Recent very hot summers in northern hemispheric land areas measured by wet bulb globe temperature will be the norm within 20 years).

ważnym skutkom dla zdrowia pracowników i zachować stabilność gospodarczą.

W nadchodzących dziesięcioleciach stres cieplny może okazać się jednym z najczęściej doświadczanych i bezpośrednio niebezpiecznych aspektów zmiany klimatu, stanowiąc poważne zagrożenie dla zdrowia ludzkiego, infrastruktury energetycznej, wydajności ekonomicznej krajów i aktywności społeczeństw. Niestety większość prognoz wskazuje, że regiony najbardziej zagrożone przekroczeniem śmiertelnej bariery 35 stopni są jednocześnie najgęściej zaludnione. Przystosowanie się do tak ekstremal-

nych warunków będzie wymagało ogromnych nakładów finansowych, ale również spowoduje skokowy wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną. Tymczasem kraje takie jak Indie czy Chiny produkcję prądu opierają nadal w głównej mierze na węglu. Dlatego jednym z podstawowych narzędzi walki z ograniczeniem globalnego ocieplenia pozostaje wprowadzanie alternatywnych źródeł energii i cięcie emisji. Biorąc pod uwagę jak wolno te zmiany zachodzą, pojawienie się wartości temperatury termometru wilgotnego na mapach pogodowych jest kwestią czasu. ◀

<sup>4</sup> <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aaa00e>  
<sup>5</sup> <https://doi.org/10.1002/2017EF000639>  
<sup>6</sup> <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01625-6>



# Pomidory nie rosną na Marsie

Rafał Stepnowski

**Żywna, zdrowa i tętniąca życiem gleba jest jednym z fundamentów bioróżnorodności na Ziemi. Ten złożony ekosystem reguluje klimat, magazynuje i oczyszcza wodę, umożliwia produkcję żywności, dostarcza lekarstw ratujących życie i kontroluje rozprzestrzenianie się szkodników oraz chorób. Tymczasem w wyniku działalności człowieka miliardy hektarów gruntów rocznie ulega degradacji w wyniku suszy, pustynnienia i nadmiernej erozji. To jeden z najważniejszych problemów środowiskowych współczesnego świata, który nie omija również Polski. Jak zahamować niekorzystne zmiany i czy jesteśmy świadomi zagrożeń?**

20 maja 2022 roku w największym mieście Wybrzeża Kości Słoniowej - Abidżanie - zakończyło się, znacznie mniej medialne niż coroczny „szczyt klimatyczny” chociaż równie ważne, 15. posiedzenie Konferencji Stron Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zwalczania pustynnienia (COP15). W trakcie 12-dniowych obrad, odbywających się pod hasłem „Ziemia. Życie. Dziedzictwo: od niedostatku do dobrobytu”, rozmawiano o możliwych scenariuszach ochrony gruntów, ich znaczenia dla klimatu, bioróżnorodności oraz zrównoważonego rozwoju społeczeństw i gospodarek świata. Tegoroczna edycja COP15 miała miejsce tuż przed Światowym Dniem Walki z Pustynnieniem i Suszą (17 czerwca). To dobra okazja, aby przyjrzeć się tym istotnym zagadnieniom nieco bliżej.

**Problem globalny.** Od początku XX wieku z powodu susz i niedoboru wody zmarło na całym świecie ponad 10 mln ludzi. Tylko w latach 1970-2019 susze doprowadziły bezpośrednio do śmierci ok. 650 tys. osób i szacuje się, że co roku dotykają 55 mln ludzi. Od początku obecnego stulecia już co 5 mieszkańców Ziemi był przynajmniej raz narażony na te niekorzystne i groźne zjawiska. Stale rosną również straty ekonomiczne spowodowane suszą - kilkukrotnie tylko w ostatnich dziesięcioleciach - a ich

sumaryczną wielkość od 1900 roku szacuje się na kilkaset miliardów dolarów.

Najbardziej narażonym na susze i niedobory wody kontynentem pozostaje Afryka. W ciągu ostatnich 100 lat zanotowano tu ponad 300 tego typu zdarzeń (44 proc. wszystkich susz). Ale problem wzmagą się również w innych częściach świata. W ubiegłym stuleciu w Europie wystąpiło 45 poważnych susz, które dotknęły miliony ludzi i spowodowały straty gospodarcze w wysokości ponad 27,8 mld dolarów. Każdego roku 15 proc. powierzchni lądowej i 17 proc. ludności w Unii Europejskiej boryka się z suszą i niedoborami wody. Podobnie jak w przypadku innych negatywnych skutków zmiany klimatu, najbardziej wrażliwą częścią społeczeństwa pozostają kobiety (na które spadają obciążenia związane z prowadzeniem gospodarstwa domowego) i najmłodszy. Każdego roku prawie 160 mln dzieci jest narażonych na dotkliwie i długotrwałe susze, a do 2040 roku co czwarte dziecko na świecie będzie mieszkało na terenach o skrajnych niedoborach wody.

**Zagrożone ekosystemy.** Każdego roku z powodu pustynnienia tracimy ok. 12 mln hektarów ziemi, a w ciągu ostatnich 40 lat odsetek roślin dotkniętych suszą wzrósł ponad dwukrotnie. Tymczasem susza i niedobory

wody wpływają negatywnie na zdolność ekosystemów lądowych do sekwestracji węgla (lasy są jednym z najważniejszych naturalnych pochłaniaczy zanieczyszczeń). 14 proc. wszystkich obszarów podmokłych, tak istotnych dla ochrony zasobów wodnych i przetrwania gatunków wędrownych, znajduje się w regionach podatnych na suszę. Szybki wzrost temperatury powietrza, erozja gleby i pustynnienie są ważnym źródłem spadku bioróżnorodności biologicznej na Ziemi.

Długoletnia susza w Australii wywołała pożary, które w 2019 i 2020 roku spowodowały najbardziej dramatyczną utratę siedlisk zagrożonych gatunków w historii postkolonialnej. Zginęło lub zostało przeniesionych na inne obszary około 3 mln zwierząt. W ciągu pierwszych dwóch dekad XXI wieku Amazonka doświadczyła 3 rozległych susz, które spowodowały ogromne pożary lasów. Problem staje się coraz bardziej powszechny w tym regionie z powodu użytkowania gruntów i zmian klimatycznych, które są ze sobą powiązane. Jeśli wylesianie w Amazonii będzie kontynuowane, 16 proc. obecnej powierzchni lasów prawdopodobnie spłonie do 2050 roku.

**Przyszłość.** Oczekuje się, że zmiana klimatu zwiększy ryzyko występowania susz w wielu wrażliwych regionach świata.

ta, szczególnie tych o szybkim wzroście populacji i zagrożonych bezpieczeństwem żywnościowym. Według UN-Water do 2050 roku od 4,8 do 5,7 mln ludzi będzie żyło na obszarach ubogich w wodę przez co najmniej jeden miesiąc każdego roku. W ciągu kilku następnych dziesięcioleci 129 krajów odczuje wzrost ekspozycji na suszę, głównie z powodu samej zmiany klimatu. Bank Światowy szacuje, że do połowy obecnego stulecia nawet 216 mln ludzi może być zmuszona do opuszczenia miejsca zamieszkania z powodu suszy, niedoborów wody, spadającej wydajności upraw, wzrostu poziomu morza i przeludnienia. Jeśli globalne ocieplenie osiągnie 3 st. Celsjusza do 2100 roku, straty spowodowane suszą mogą być pięciokrotnie wyższe niż obecnie. Problem nie dotyczy tylko państw tzw. „trzeciego świata”. W Unii Europejskiej i Wielkiej Brytanii roczne straty spowodowane suszą szacuje się obecnie na około 9 mld Euro. Bez odpowiednich działań na rzecz ochrony klimatu koszty te wzrosną do ponad 65 mld Euro w najbliższych dziesięcioleciach.

### Najważniejsze ustalenia UNCCD

**COP15.** Zakończony 20 maja szczyt odbył się w czasie, gdy Afryka Wschodnia zмага się z najgorszą od 40 lat suszą. W obliczu kryzysu gospodarczego i żywnościowego, wywołanych pandemią COVID-19 i wojną w Ukrainie, uczestnicy UNCCD COP15 podkreślali, jak ważna dla dobrobytu wszystkich ludzi jest zdrowa i produktywna ziemia. Jednym z pierwszych efektów szczytu jest program Abidjan Legacy, na który przeznaczono 2,5 mld dolarów. Środki te będą w ciągu najbliższych pięciu lat przeznaczone na walkę z wylesianiem oraz na odtworzenie lasów Wybrzeża Kości Słoniowej, poprawę wydajności rolnictwa, rekultywację gleby i budowę zrównoważonych łańcuchów dostaw. Zdaniem lokalnych władz inicjatywa może stać się przykładem dla innych krajów, w jaki sposób przeciwdziałać pustoszczeniu i jego skutkom dla rolnictwa.

Najważniejsze zobowiązania i deklaracje:

1. Odbudowanie do 2030 roku miliarda hektarów zdegradowanych gruntów, poprzez gromadzenie danych i monitorowanie postępów w realizacji zobowiązań oraz ustanowienie nowego modelu partnerstwa na rzecz zintegrowanych programów inwestycji krajobrazowych na dużą skalę.

2. Zwiększenie odporności na suszę poprzez identyfikację ekspansji obszarów suchych, poprawę krajowych polityk oraz wczesne ostrzeżenie i monitorowanie. Wśród najważniejszych narzędzi wymienia się tworzenie programów finansowych, naukowych, dzielenie się wiedzą, budowanie partnerstw i koordynowanie działań.
3. Powołanie międzyrządowej grupy roboczej ds. suszy na lata 2022-2024, wspierającej politykę globalną i inicjatywy regionalne oraz promującej proaktywne zarządzanie suszą.
4. Walka z przymusową migracją i wysiedleniami spowodowanymi pustoszczeniem i degradacją gleby poprzez zwiększanie odporności obszarów wiejskich.
5. Zwiększenie zaangażowania kobiet w gospodarowanie gruntami jako ważny czynnik umożliwiający skuteczną rekultywację gruntów.
6. Przeciwdziałanie burzom piaskowym i piaskowym oraz innym klęskom żywiołowym, poprzez projektowanie i wdrażanie planów i polityk obejmujących wczesne ostrzeżenie i ocenę ryzyka oraz łagodzenie przyczyn.
7. Promowanie przedsiębiorczości młodzieży i wspieranie sprawiedliwego rynku pracy dla młodych.

Fale upałów, susze, burze piaskowe i piaskowe oraz pustoszczenie są najbardziej widocznym efektem nadmiernej eksploatacji środowiska przez człowieka, za którą stoi dążenie do stałego wzrostu i dobrobytu materialnego niewielkiej części ludność świata oraz gospodarka opierająca się w dalszym stopniu na nieodnawialnych źródłach energii. Dlatego jednym z priorytetów powinno być globalne zobowiązanie rządów, instytucji i społeczeństw do ochrony ziemi, zasobów wodnych oraz budowania odporności na susze w obszarach najbardziej zagrożonych. Kluczowymi narzędziami są wzmocnienie współpracy i aktywne zarządzanie ryzykiem suszy, ale przede wszystkim przebudowanie gospodarki światowej, tak aby promowała aktywne przywracanie ekosystemów, regenerację i ochronę gleby, zrównoważone wykorzystanie wody i poprawę bioróżnorodności środowiska. Można to osiągnąć jedynie poprzez promowanie świadomości społecznej na temat problemów oraz informowanie ludzi, że można skutecznie przeciwdziałać pustoszczeniu i suszom. ◀





# Chroniąc naturę, chronimy klimat

Mechanizm jest dość prosty. Zmieniający się klimat powoduje, że dotychczasowe siedliska dzikich zwierząt i roślin stają się dla nich nieprzyjazne. Chcąc przetrwać, poszczególne gatunki zmieniają obszar bytowania w poszukiwaniu dogodnej niszy środowiskowej. To zjawisko stare jak Ziemia, ale obecna zmiana klimatu, napędzana przez działalność człowieka, zachodzi tak szybko, że flora i fauna nie są w stanie przystosować się do nowych warunków. Tymczasem utrata każdego gatunku dzikiej przyrody to utrata bioróżnorodności i usług ekosystemowych, dzięki którym człowiek może funkcjonować. Co gorsza, zjawiska te pogłębiają tempo i skalę zmiany klimatu. Rozejrzymy się wokół siebie – dbając o lokalne środowisko, wyświadczamy sobie wielką przysługę.



Różnorodność biologiczna, wyjątkowa złożoność życia na naszej planecie, to coś więcej niż tylko flora i fauna. To również podstawa istnienia ludzkiego gatunku. Usunięcie lub nawet osłabienie tego ważnego elementu powoduje, że wszystkie zależności zaczynają się rozpadać - klimat, łańcuchy pokarmowe, pogoda, gospodarka, nasz sposób życia i miejsce w świecie przyrody.

Współczesna degradacja bioróżnorodności Ziemi spowodowana jest przede wszystkim działalnością człowieka: urbanizacją, zanieczyszczeniem, wylesianiem i rybołówstwem komercyjnym. Z powodu takich czynników tempo wymierania gatunków przyspiesza, a zmieniający się klimat oznacza, że w najbliższych dekadach będziemy świadkami wielkim migracji dzikich zwierząt i roślin.

Z powodu tych wzajemnych powiązań znajdujemy się w błędnym kole, w którym rosnące temperatury i ekstremalne warunki pogodowe spowodowane zmianą klimatu powodują utratę bioróżnorodności i osłabienie usług ekosystemowych. To z kolei prowadzi do większej zmiany klimatu, co powoduje większą utratę bioróżnorodności, itd.

**Różnorodność biologiczna i ekosystemy regulują klimat Ziemi.** Torfowiska, tereny podmokłe, gleba, lasy i oceany odgrywają kluczową rolę w pochłanianiu i magazynowaniu dwutlenku węgla, a tym samym pomagają chronić nas przed zmianą klimatu. Ekosystemy lądowe i morskie pochłaniają mniej więcej połowę antropogenicznej emisji CO<sub>2</sub>. W organizmach żywych, ściółce oraz materii organicznej gleby zgmagazynowane jest około 2100 Gt węgla - prawie trzy razy więcej niż jest obecnie w atmosferze. Potężnym magazynem dwutlenku węgla są głębie i dno oceaniczne. Utrzymanie tych istniejących, naturalnych zbiorników węgla jest niezbędne, ponieważ wychwytywanie i składowanie CO<sub>2</sub> jest jednym z głównym warunków łagodzenia zmiany klimatu i zatrzymania globalnego ocieplania się Ziemi na poziomie 2 st. Celsjusza.

**Praca z naturą przynosi wiele korzyści.** Wszystkie działania pomagające chronić przyrodę i przywracające jej naturalne siedliska zmniejszają również podatność ludzi i ich źródeł utrzymania na zmianę klimatu. Ekosystemy przybrzeżne, takie jak tereny podmokłe, namorzyny, rafy koralowe, rafy ostryg i plaże barierowe, zapewniają naturalną ochronę linii brzegowej przed burzami i powodzią, a także wiele innych usług. Odrestaurowane, naturalne linie brzegowe z łąkami trawy morskiej lub namorzynami tworzą bufor chroniący przed falami sztormowymi i zapewniają bezpieczne siedlisko dla rozmnażania się ryb. Chroniąc obszary zasilania wód gruntowych lub przywracając tereny zalewowe, wzmacniamy odporność lokalnych społeczności na

susze i zapewniamy dostęp do wody pitnej. Dziś, jak nigdy wcześniej, nasza przyszłość zależy od tego, jak szybko i skutecznie zatrzymamy degradację gruntów, lasów, torfowisk, gleb organicznych, terenów podmokłych i naturalnych pastwisk.

**Punkty krytyczne - droga bez odwrotu.** Zdaniem naukowców rafy koralowe mogą być pierwszym globalnym ekosystemem, który na wiele milionów lat całkowicie zniknie, i to z powodu działalności człowieka. Blaknięcie koralowców spowodowane jest bowiem bezprecedensowym wzrostem temperatury wód morskich i zakwaszeniem oceanów. Utrata raf koralowych to nie tylko pozbawienie nas ochrony przed burzami i powodzią, ale również poważne negatywne następstwa dla całego morskiego łańcucha pokarmowego. Lasy deszczowe, mimo że pokrywają tylko 6 proc. powierzchni Ziemi, i są domem dla połowy ziemskich gatunków lądowych, znikają w tempie około 13 milionów hektarów rocznie. Wylesianie każdego roku uwalnia do atmosfery około 0,8-2,2 Gt węgla - około 20% globalnych emisji CO<sub>2</sub>. Utrata lub uszkodzenie ekosystemów zmniejsza ich zdolność do wychwytywania i magazynowania węgla. System klimatyczny ma punkty krytyczne, w których sprzężenia zwrotne stają się nieprzewidywalne: ekosystemy tracą odporność, a pochłaniacze dwutlenku węgla zamieniają się w źródła węgla. Ile tych punktów krytycznych już przekroczyliśmy?

**Jak zatrzymać ten katastrofalny trend?** Przywracając naturalne siedliska lasów, terenów podmokłych i obszarów przybrzeżnych. Chroniąc morza i oceany, które bardzo szybko potrafią się zregenerować, jeżeli tylko człowiek przestanie nadmiernie je eksploatować. Wprowadzając przyrodę do środowiska miejskiego i wdrażając najlepsze praktyki w zrównoważonym rolnictwie. Rozwiązania te nie tylko zapobiegają utracie bioróżnorodności, ale także budują odporność ekosystemów na negatywne efekty globalnego ocieplenia, tj. podnoszenie się poziomu mórz, pustynnienie, fale upałów, ekstremalne powodzie i pożary.

O ile problem zmiany klimatu zajmuje obecnie ważne miejsce w agendzie publicznej, o tyle poziom zainteresowania społeczeństw utratą bioróżnorodności jest niski. Ochrona bioróżnorodności jest często błędnie interpretowana i zawężana do działań związanych z utrzymaniem parków narodowych czy rezerwatów. Bardzo często kluczowa rola przyrody w walce ze zmianą klimatu jest całkowicie pomijana. Tymczasem zdrowe, odporne ekosystemy mają większy potencjał łagodzenia i adaptacji do zmiany klimatu, a tym samym ograniczania globalnego ocieplenia. Lepiej radzą sobie z ekstremalnymi zdarzeniami pogodowymi, szybciej się regenerują i zapewniają szereg korzyści, na których my ludzie polegamy. ◀

# WMO wskazuje na priorytetowe zadania w zakresie obserwacji klimatu

**W najnowszym raporcie Global Climate Observing System (GCOS) określono działania, mające na celu skuteczne pozyskiwanie i monitorowanie podstawowych informacji na temat systemu klimatycznego Ziemi, co pozwoli na lepsze zrozumienie zachodzących zmian i adaptację do nowej rzeczywistości.**

Obserwacje klimatu mają kluczowe znaczenie. To dzięki nim wiemy, że system klimatyczny naszej planety się zmienia, a głównym winowajcą jesteśmy my sami. Jednocześnie prowadzone na całym świecie badania pokazują, w jaki sposób ograniczać globalny wzrost temperatury poprzez redukcję emisji gazów cieplarnianych i dostarczają wiarygodnych prognoz, pozwalających na opracowanie skutecznych rozwiązań adaptacyjnych.

Petter Taalas, Sekretarz Generalny WMO: „Wszystkie działania, mające na celu przystosowanie się do zmiany klimatu lub łagodzenie konsekwencji tej zmiany, muszą opierać się na rzetelnych i dokładnych informacjach, które można uzyskać tylko poprzez globalny system obserwacji. Powinien on obejmować monitoring całego ekosystemu Ziemi, od atmosfery po oceany, od kriosfery po biosferę, a także cykl obiegu wody oraz budżety energii i gazów cieplarnianych”.

Globalny system obserwacji klimatu (GCOS) umożliwia gromadzenie i dokumentowanie dane potrzebnych do bieżącego monitorowania systemu klimatycznego

i oceny wpływu zmienności i zmiany klimatu. Obejmuje on zarówno obserwacje naziemne, jak i satelitarne 54 podstawowych zmiennych klimatycznych. Informacje te są wykorzystywane przy opracowywaniu corocznych raportów WMO o stanie klimatu na świecie oraz w ocenach IPCC.

Peter Thorne, przewodniczący Panelu Obserwacji Atmosfery Klimatu GCOS: „Bez obserwacji nie uczymy się, a jeśli w pełni nie rozumiemy systemu klimatycznego, nie możemy przewidzieć jego zmian oraz właściwie się do nich dostosowywać. Dlatego konieczna jest ciągła obserwacja kluczowych elementów klimatu”.

W ramach inicjatywy GCOS regularnie opracowywane są raporty, w których ocenia się postępy i braki w rozwoju systemów obserwacji klimatu. Na tej podstawie WMO sporządza plany wdrożeniowe zawierające propozycje działań naprawczych. Plan GCOS'2022 stanowi kluczowy wkład do Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (UNFCCC) i zostanie przedstawiony podczas tegorocznego COP27, które rozpocznie się w listopadzie w Egipcie. Zawarto w nim najważniejsze

praktyczne działania, które należy podjąć w ciągu najbliższych 5-10 lat:

1. Zapewnienie zrównoważonego rozwoju i stałego finansowania systemu.
2. Wypełnianie luk w danych, zwłaszcza w zakresie pomiarów naziemnych w częściach Afryki, Ameryki Południowej, Azji Południowo-Wschodniej, w głębinach oceanicznych i regionach polarnych.
3. Poprawa jakości, dostępności i użyteczności danych (unifikacja).
4. Zarządzanie danymi, poprzez tworzenie globalnych repozytoriów z bezpłatnym i otwartym dostępem, a także cyfryzacja danych papierowych.
5. Wsparcie regionalnej i globalnej koordynacji służb meteorologicznych i hydrologicznych.
6. Reagowanie na pojawiające się potrzeby i wsparcie działań adaptacyjnych.

Program Global Climate Observing System jest współfinansowany przez WMO, Międzyrządową Komisję Oceanograficzną UNESCO, Program Środowiskowy Organizacji Narodów Zjednoczonych (UNEP) oraz Międzynarodową Radę Naukową (ISC). ◀



# Ostrzec na czas

Rafał Stepnowski

**Jak ważna jest pogoda? Dla wielu to tylko kapryśny i irytujący kawalek rzeczywistości, będący najczęstszym tematem rozmów z dawno niewidzianym znajomym. Lubimy na nią ponarzekać, gdy zepsuje nam długo wyczekiwany urlop nad morzem lub z całą stanowczością stwierdzić, że idzie deszcz, bo „łupie” nas w kościach. Nie bierzemy jej na poważnie, dopóki nie odcisnie w naszym życiu tragicznego śladu. My ludzie IMGW przyglądamy się pogodzie ze szczególną uwagą, ponieważ wiemy, że ma znaczenie i potrafi pisać dzieje historii.**

Zmieniający się klimat powoduje, że w wielu częściach świata ekstremalne zjawiska pogodowe stają się coraz częstsze i bardziej intensywne. Co gorsza sposób w jaki przeobraziłyśmy nasze otoczenie - degradacja środowiska, ubytek bioróżnorodności czy niekontrolowana urbanizacja - spowodowały, że efekty globalnego ocieplenia dotyczą społeczeństwa i gospodarki wielokrotnie bardziej, niż miałyby to w przypadku świata opartego na celach zrównoważonego rozwoju. Bezprecedensowy wzrost populacji oraz wielopoziomowe powiązania społeczno-gospodarcze, jakich jesteśmy świadkami w ostatnich dekadach, oznaczają że coraz więcej ludzi jest narażonych na zagrożenia wywołane ekstremalną pogodą. Tymczasem co trzeci mieszkaniec Ziemi nie jest objęty systemami wczesnego ostrzegania, które są najlepszym narzędziem do zapobiegania poważnym stratom ekonomicznym i po prostu ratują życie. Informacja i wiedza, ale także umiejętność ich czytania i reagowania, są dziś kluczem do skutecznego adaptowania się społeczeństw do zmiany klimatu.

W ciągu ostatnich 50 lat z powodu katastrof naturalnych związanych z klimatem, pogodą i wodą na całym świecie zmarło 2 miliony osób, a straty ekonomiczne sięgnęły 3,64 bln USD. Każdego dnia tracimy średnio 200 milionów dolarów. Dlatego pocieszający jest fakt, że mimo iż od 1970 roku liczba katastrof wzrosła 5-krotnie, a poziom strat gospodarczych prawie 7-krotnie, to dzięki ostrzeżeniom i informowaniu o zagrożeniach notuje się obecnie trzy razy mniej ofiar w ludziach. Jeśli weźmiemy pod uwagę, że 9 na 10 zgonów miało miejsce w krajach rozwijających się, gdzie systemy wczesne-

go alarmowania nie funkcjonują bądź są niskiej jakości, to konieczność doskonalenia krajowych i międzynarodowych służb hydrologiczno-meteorologicznych staje się bezdyskusyjna.

Skutki ekstremalnej pogody i zmiany klimatu widać na wielu poziomach w postaci kaskadowo nakładających się na siebie zagrożeń. Na przykład tropikalny Cyklon Batsirai, który nawiedził Madagaskar w lutym 2022 roku, poza ogromnymi szkodami w infrastrukturze i ofiarami śmiertelnymi, w ujęciu długoterminowym będzie skutkował poważnymi problemami w rolnictwie, transporcie, energetyce czy krajowej służbie zdrowia. Mieszkańcy tej afrykańskiej wyspy będą jeszcze przez kilka, a może kilkanaście miesięcy borykać się z negatywnymi skutkami tego zdarzenia. Globalne ocieplenie wywołuje globalne konsekwencje - kryzysy żywnościowe, wysiedlenia, migrację i niepewność społeczno-gospodarczą. Według Biura ONZ ds. Ograniczania Ryzyka Klęskowego w 2020 roku około 30 milionów ludzi zostało przesiedlonych z powodu katastrof związanych z pogodą, a ponad 1/3 ludności świata nie miała odpowiedniego dostępu do żywności.

Te rosące koszty społeczno-gospodarcze zagrażają kruchym podstawom założeń zrównoważonego rozwoju i odpowiedzialnej transformacji klimatycznej. Obserwowane negatywne trendy będzie bardzo trudno zatrzymać, ponieważ ludzie, majątek, infrastruktura i klimat są w zglobalizowanym, zurbanizowanym świecie silnie połączone i od siebie zależne. Szacuje się, że na obszarach przybrzeżnych, narażonych na powodzie, burze i tsunami, do 2030 roku będzie mieszkać już połowa światowej populacji. Dlatego WMO i krajowe

służby, takie jak IMGW-PIB, dążą do zwiększenia swoich zdolności do identyfikowania i łagodzenia zagrożeń związanych ekstremalną pogodą.

Jak wynika z raportów IPCC, obserwowany wzrost niebezpiecznych zjawisk hydrologiczno-meteorologicznych jest bezprecedensowy i każda dziesiąta stopnia dalszego ocieplania się Ziemi będzie tylko potęgować negatywne efekty tego stanu. Według IPCC od lat 50. ekstremalne temperatury stały się częstsze i bardziej intensywne właściwie we wszystkich regionach świata. Upały sięgające 40-50 st. Celsjusza przestają być anomalią, a kraje nimi dotknięte ponoszą dramatyczne koszty nie tylko finansowe, ale przede wszystkim zdrowotne i społeczne. Do połowy XXI wieku wiele obszarów na Ziemi może stać się niezdatnymi do zamieszkania. W wyniku ogrzewania się atmosfery i oceanów zakłóceniu ulega cały system klimatyczny, do którego przystosowała się i opierała przez setki lat cała nasza cywilizacja. Zmiana cyrkulacji powietrza i prądów morskich już prowadzi do przekształcania się wzorców opadów - okresy długotrwałych susz, wywołujących pożary i klęski rolnicze, przeplatają się z nawalnymi, punktowymi opadami deszczów, powodującymi szybkie powodzie i osuwiska. Z powodu topnienia pokrywy lodowej zwiększa się poziom mórz i rośnie zagrożenie sztormami. Wiele obszarów przybrzeżnych już boryka się z następstwami powodzi wywołanych równocześnie przez opady w głębi lądy i wezbrania sztormowe. Ten problem będzie się pogłębiał, dlatego strefy przybrzeżne wymagają szczególnej uwagi przy opracowywaniu systemów ostrzeżeń i ochrony.

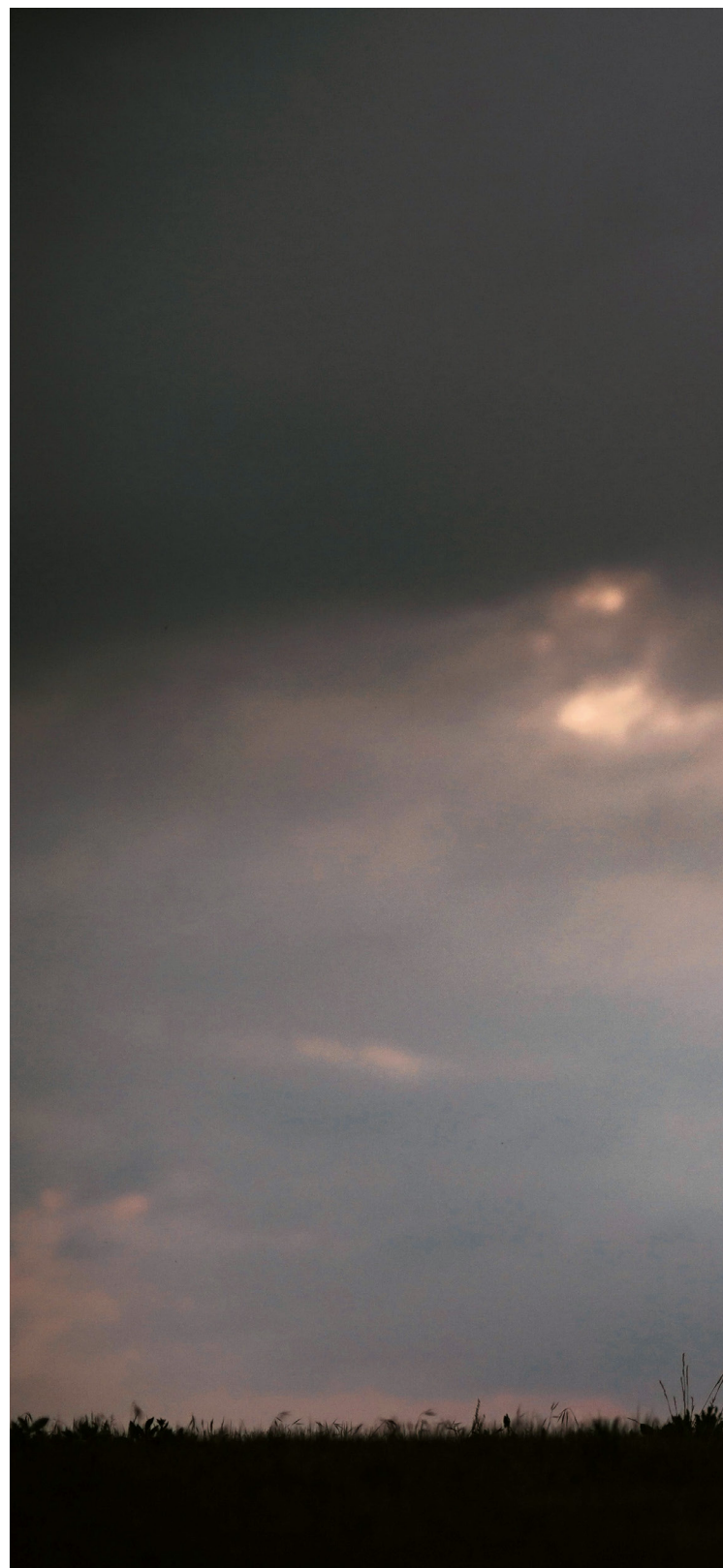
Jak w obliczu tej wiedzy, i czy w ogóle można, żywić nadzieję na poprawę i uniknięcie najgorszych scenariuszy? Społeczność światowa - od rządów, przez wielkie korporacje, po NGOs-y i lokalne ruchy obywatelskie - zdaje się coraz bardziej dostrzegać nieuchronność katastrofy klimatycznej. Z każdym kolejnym szczytem COP robimy krok naprzód, wygłaszając bardziej odważne deklaracje, obiecując większe pieniądze na adaptację i proponując mocniejsze zapisy prawne i legislacyjne. To długi i mozolny proces, ale robienie czegokolwiek jest lepsze niż nierobienie niczego. Kiedy mierzymy się z przeciwnikiem tak nieosiągalnym jak 1,5 stopnia wzrostu temperatury, to sukcesem nie jest tylko wygrana, ale nawet remis „ze wskazaniem na”.

W obliczu tej niepewnej przyszłości najważniejszym działaniem powinno być przygotowanie się na najgorsze scenariusze i ochrona ludzkiego życia. Jak pokazuje historia nie jesteśmy w tej walce na przegranej pozycji. Jak już wspomniałem, stale udoskonalane systemy wczesnego ostrzegania doprowadziły do znacznego zmniejszenia śmiertelności wskutek naturalnych zagrożeń klimatycznych i pogodowych. Jesteśmy lepsi niż kiedykolwiek w ratowaniu życia. Superkomputery i technologia satelitarna umożliwiają nam prognozowanie pogody z niespotykaną dotąd dokładnością i precyzją, a sztuczna inteligencja otwiera całkiem nowy rozdział w naukach środowiskowych. Dzięki koordynacji działań na poziomie międzynarodowym, regionalnym i krajowym, społeczności mogą aktywnie uczestniczyć w wymianie wiedzy o pogodzie.

Nadal jednak aż 60 proc. członków WMO nie dysponuje systemami wczesnego ostrzegania (tzw. Multi-Hazard Early Warning Systems). W wielu krajach Afryki oraz małych państwach wyspiarskich, sieci pomiarowo-observacyjne są fragmentaryczne lub przestarzałe. To powoduje duże luki w danych pogodowych, co wpływa na jakość globalnych prognoz. Próbę poprawienia tej sytuacji podjęło WMO, tworząc Global Multi-hazard Alert System, którego celem jest zwiększenie dostępności do miarodajnych ostrzeżeń i informacji o trudnych warunkach pogodowych oraz wspieranie wczesnych działań zapobiegawczych. Inicjatywa wzmacnia krajowe systemy poprzez włączenie ich do globalnej sieci i ustandaryzowanie przekazu o zagrożeniach w przekazach medialnych na całym świecie. WMO korzysta tutaj z doświadczeń i sukcesów swoich poprzednich rozwiązań mających na celu przeciwdziałanie poważnym zagrożeniom dla życia i mienia, w tym cyklonom tropikalnym, falom sztormowym, powodziom, suszom i falom upałów.

ONZ szacuje, że połowę dostępnych funduszy do walki ze zmianą klimatu należy przeznaczać na adaptację i budowanie odporności społeczeństw. Trudno się z tym nie zgodzić skoro dane Globalnej Komisji ds. Komisji wskazują, że ostrzeżenie przed nadchodzącą burzą lub falą upałów wydane 24 godziny przed wystąpieniem zdarzenia może zmniejszyć powstałe szkody o 30 procent. Skoncentrowane na ludziach systemy wczesnego ostrzegania, uwzględniające różne rodzaje zagrożeń, są bardzo skutecznym sposobem na wzmocnienie odporności na zmianę klimatu. W krajach rozwiniętych inwestycja w te usługi na poziomie 800 mln USD zapobiegłyby stratom rzędu 3-16 mld USD rocznie.

Wyzwania związane ze zmianą klimatu i ekstremalną pogodą są zbyt duże, aby jakikolwiek kraj mógł sobie z nim poradzić samodzielnie. Dlatego kluczowe są współpraca i partnerstwo. Z tego względu WMO i społeczność naukowa dążą do zacieśnienia relacji między służbami meteorologicznymi, sektorem prywatnym, środowiskiem akademickim i użytkownikami. Te same cele stawia sobie IMGW, ponieważ chcemy, aby nasze prognozy były dokładne i aktualne, ale przede wszystkim dostępne i użyteczne. Stąd tak wiele inicjatyw edukacyjnych i popularyzatorskich. Jesteśmy dziś blisko ludzi, blisko biznesu, bo wiemy, jak ważny w nowoczesnym świecie jest dostęp do rzetelnej i wiarygodnej informacji. To nasza najważniejsza misja. Spoglądać w niebo, by ostrzec na czas. ◀





# Niebezpieczna pogoda

## – kluczem twojego bezpieczeństwa jest informacja

**Burze są na tyle lokalnym i gwałtownym zjawiskiem, że niezwykle trudno jest zautomatyzować proces ich prognozowania. Dlatego wyniki modeli numerycznych poddaje się weryfikacji synoptyków, którzy na bazie swojej wiedzy i doświadczenia mogą skorygować błędy i zniekształcenia. A ponieważ tworzenie się burz i ich przebieg są często nieprzewidywalne, bardzo ważne jest śledzenie bieżących wydarzeń i prognoz oraz wiedza, gdzie i kiedy zagrożenie wystąpi i jak się do niego przygotować.**

W dzisiejszych czasach najcenniejszą cechą informacji jest wiarygodność. Dlatego jej poszukiwania należy zacząć najbliżej oficjalnego źródła. W przypadku niebezpiecznych zjawisk pogodowych, w tym również burz, pierwszym wyborem powinien być serwis <https://meteo.imgw.pl/>, gdzie z czterodniowym wyprzedzeniem publikowane są „prognozy zagrożeń meteo”. Dodatkowo w sezonie burzowym uruchamiany jest specjalny serwis <https://obserwator.imgw.pl/burza-alert-1-0-nowy-serwis-prognoz-i-monitoringu-burza-na-terenie-polski-od-imgw-pib/> z dokładną prognozą stricte burzową. Warto zapoznać się z zamieszczanymi tam opisami, które pozwolą zrozumieć specyfikę niebezpiecznej pogody i zwiększą naszą świadomość na temat możliwego rozwoju sytuacji.

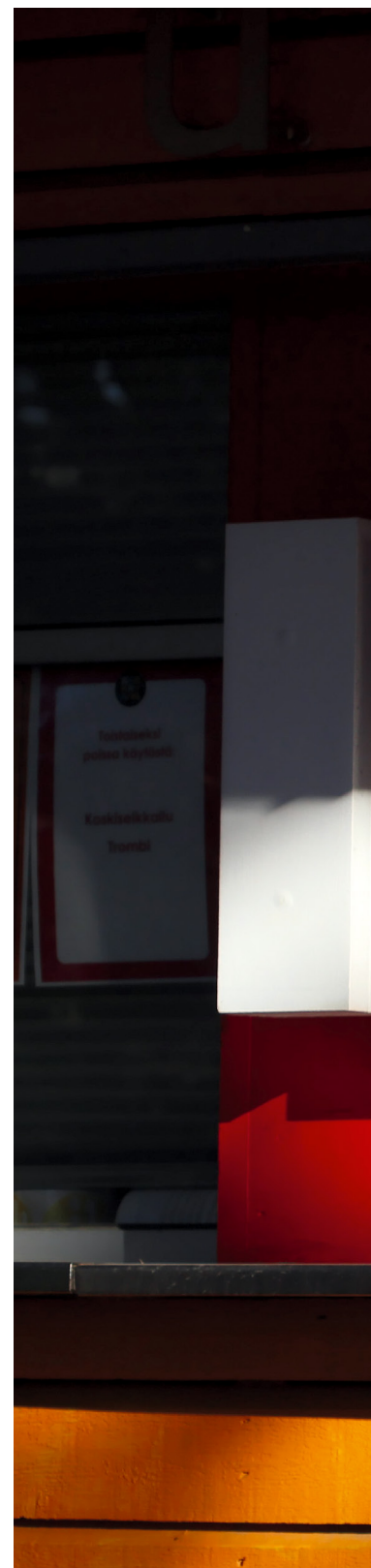
Mapy wskazujące na możliwość wystąpienia burz, prezentowane na <https://meteo.imgw.pl/>, powstają w wyniku bardzo dokładnej analizy warunków meteorologicznych, jakie mają panować w interesującym nas okresie na określonym obszarze. Dane pochodzą z pomiarów i obserwacji naziemnych oraz teledetekcji radarowej i satelitarnej, a obliczenia wykonywane są za pomocą specjalistycznych superkomputerów. Wyniki modelowania musi następnie ocenić synoptyk, zgodnie ze swoją wiedzą, doświadczeniem i znajomością tego, jak procesy burzowe kształtują się w danej sytuacji. Finalnie powstają mapy, które oprócz zasięgu, rodzaju i siły zjawisk zawierają również informacje o spodziewanym przebiegu pogody, niejednokrotnie informując

o potencjalnych ryzykach zmiany prognozy i ich konsekwencjach.

W dniu wystąpienia burz warto śledzić aktualne warunki pogodowe, których monitorowaniem zajmują się specjaliści z IMGW-PIB. Z pomocą przychodzą nam oficjalne ostrzeżenia meteorologiczne, najnowsze prognozy burzowe i monitoringi bieżącej sytuacji. Warto mieć również zainstalowaną **aplikację mobilną meteoIMGW**, gdzie w zakładce „Radary” prezentowane są mapy wyładowań atmosferycznych oraz zobrazowania radarowe, które w przypadku dobrze rozwiniętych struktur pozwalają na śledzenie położenia i tempa przemieszczania się burzowych frontów. Aplikacja zawiera również moduł powiadomienia o nadchodzącej burzy.

Źródłem wiarygodnych informacji od IMGW są Social Media - nasze profile na Twitterze i Facebooku - oraz główna strona [www.imgw.pl](http://www.imgw.pl) i serwisy tematyczne. W czasie trudnych warunków pogodowych uruchamiamy relacje **#IMGWlive**, podczas których śledzimy wydarzenia na żywo i zamieszczamy komentarze na gorąco. Ścisłe współpracujemy z mediami - od portali, przez stacje radiowe, po telewizję - do których na bieżąco przesyłamy aktualne komunikaty. Naszym wyznacznikiem standardu jest osłona Polek i Polaków 24 godzinny na dobę przez 365 dni w roku.

Na temat bezpieczeństwa podczas burz możesz przeczytać w materiałach <https://obserwator.imgw.pl/dziesiec-rad-jak-sie-zachowac-podczas-burzy/> i <https://obserwator.imgw.pl/burzowe-rekordy-i-bezpieczenstwo/>. ◀







# Miasto odporne

## – adaptacje społeczne do zmiany klimatu

**Klimat i pogoda. Te dwa elementy ekosystemu ziemskiego od milionów lat kształtują krajobraz naszej planety i warunkują rozwój organizmów żywych. W miarę jak człowiek zdobywał kolejne umiejętności, pozwalające mu przetrwać w każdym niemal miejscu na Ziemi, utwierdzał się w przekonaniu, że ostatecznie uniezależnił swój los od żywiołów natury. Niestety ostatnie lata przypomniły nam brutalną prawdę.**

Zmiana klimatu i wielopoziomowe następstwa tego zjawiska będą w XXI wieku determinować każdy aspekt naszego życia. A ponieważ tendencji tych nie da się całkiem odwrócić – próbujemy je jedynie łagodzić – musimy się do tej zmiany adaptować, a habitaty w których żyjemy czynić bardziej odpornymi.

**„Przyjmij najgorszy scenariusz jako najbardziej prawdopodobny”.** Najczęstszym zdaniem, które pada w rozmowie z osobami poszkodowanymi w wyniku kataklizmu naturalnego jest „jak żyję, czego podobnego nie widziałem”. Współczesna zmiana klimatu powoduje, że będziemy doświadczać coraz częściej ekstremalnych zjawisk pogodowych o niespotykanej dotąd skali, natężeniu i częstotliwości. A ponieważ klimat nie jest czymś stałym, trzeba nieustannie śledzić, co się z nim dzieje.

**„Utracone korzyści - czyli o czym nie wiesz”.** Każde zdarzenie związane z ekstremalną pogodą, które spowodowało poważne utrudnienia w funkcjonowaniu miasta i usług publicznych oznacza, że gdzieś w Polsce, Europie, na świecie potencjalny inwestor zadał sobie ważne pytanie: czy to dobre miejsce na mój biznes? Jeżeli nie potrafisz ocenić ryzyka i ograniczyć wrażliwości środowiska w którym funkcjonujesz, przygotuj się na odpływ kapitału, inwestycji, technologii i innowacji. Możesz jednak

zagrożenia pogodowe wykorzystać jako impuls rozwojowy, a dzięki odpowiednio zarządzanym adaptacjom i budowie odporności organizmu miejskiego stać się „doliną krzemową” rozwiązań technologicznych związanych z klimatem i pogodą.

**„Ukryte koszty - ile kosztuje pogoda”.** Ulewny deszcz, silny wiatr, ekstremalne opady śniegu, powódź - koszty tych naturalnych zdarzeń są ogromne. Ale ten obraz nie jest pełny. Każde ekstremum pogodowe tworzy koszt ukryty związany z zakłóceniem funkcjonowania obszaru miejskiego - systemów komunikacyjnych, dystrybucji mediów i usług - a także długofalowe obciążenia finansowe związane z jakością życia i zdrowiem mieszkańców. Nie będziesz w stanie w stu procentach uodpornić się na niebezpieczne zjawiska pogodowe, ale poprzez adaptacje i budowę odpowiedzialnych systemów zarządzania opartych na wiedzy, twoja reakcja będzie szybsza i skuteczniejsza. A to oznacza redukcję kosztów pośrednich.

**„Spadek zaufania - nie tylko demografia”.** Miasto które regularnie dotyka naturalne katastrofy związane z ekstremalną pogodą nie jest bezpiecznym miejscem do życia. Jeżeli nie podejmiemy stosownych kroków do podniesienia odporności miejskiej na zmianę klimatu, w perspektywie kilku lat możesz zauwa-

żyć odpływ mieszkańców. To oznacza nie tylko spadek dochodów z podatków, ale przede wszystkim utratę zasobów ludzkich i wysoko wykwalifikowanych pracowników. Programy edukacyjne połączone z odpowiedzialnymi działaniami inwestycyjnymi w zakresie adaptacji do zmiany klimatu mogą skutecznie przeciwdziałać tym trendom. Budując odporne społeczeństwa, zyskujesz większą więź mieszkańców z miastem, w którym żyją, nawet jeśli znajduje się ono w obszarze dużego ryzyka pogodowego.

**„Bądź liderem, nie bój się zmian”.** Wszystko o czym wcześniej powiedzieliśmy prowadzi nas do tego miejsca i do tej jednej konkluzji. Każdy dzień zaniechań oznacza stracone miesiące do odrobienia. Jak napisano na wstępie, zmiana klimatu to fakt, a jego następstwa są nieuchronne. Jeżeli nie zaadaptujemy się do nowych warunków i nie stworzymy odpornych miast, prędzej czy później zapłacimy za to wysoką cenę. W najlepszym wypadku będziemy zmuszeni ponieść w krótkim czasie ogromne koszty transformacji, w najgorszym na działania będzie za późno i nasze „małe ojczyzny” staną się miejscami nienadającymi się do życia. Rozpocznij zmianę dziś - bądź pierwszy, bo to daje przewagę. W XXI wieku konkurencyjność biznesowa i administracyjna będzie zbudowana na wiedzy o klimacie i zagrożeniach pogodowych. ◀

# CHCESZ WIEDZIEĆ CO CZEKA CIĘ W POGODZIE?

ZAINSTALUJ APLIKACJĘ MOBILNĄ  
POGODA DLA POLSKI OD IMGW-PIB



**METEO**  
IMGW-PIB  
meteo.imgw.pl

