

Małgorzata Burchard-Dziubińska

SYSTEMY SPOŁECZNO-GOSPODARCZE W POLSCE WOBEC RYZYKA ZWIĄZANEGO ZE ZMIANĄ KLIMATU

1. Wstęp

Obserwowana zmiana klimatu związana z globalnym ociepleniem budzi uzasadnione obawy co do jej wpływu na systemy przyrodniczo-społeczno-gospodarcze. Choć pojawiające się zmiany wydają się już być dobrze zidentyfikowane co do rodzaju, to precyzyjne prognozowanie skutków w postaci strat i korzyści oraz miejsc, w których wystąpią, pozostaje obarczone wysoką dozą niepewności. Wyzwaniem pozostaje szacowanie ryzyka związanego z wpływem zmiany klimatu na funkcjonowanie ludzi i podmiotów gospodarczych. Zmiany klimatyczne wprowadzają do atmosfery więcej energii. Z cieplejszych oceanów wyparowuje więcej wody, a cieplejsza atmosfera może wchłonąć większą ilość wilgoci. To z kolei oznacza więcej energii, która uwalniając się wpływa na obieg wody w przyrodzie i napędza procesy konwekcyjne. Między innymi te właśnie czynniki zwiększają możliwość wystąpienia silnych opadów deszczu. Zmianie klimatu na całej kuli ziemskiej towarzyszy nasilenie się częstości i intensywności występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak huragany, burze tropikalne, burze śnieżne, deszcze nawalne, gradobicia, fale gorąca i fale mrozów, susze, powodzie, osunięcia się ziemi i lawiny, a także rozległe pożary lasów i zarośli. Wszystkie 19 lat od 2001 r. należą do 20 najcieplejszych od czasu rozpoczęcia pomiarów. Najcieplejszy był rok 2016, natomiast rok 2017 był najgorętszym rokiem, jaki kiedykolwiek odnotowano bez efektu ocieplenia spowodowanego zjawiskiem El Niño. Średnia temperatura w 2019 r. była 1,1°C powyżej średniej z lat 1880–1900, używanej jako punkt odniesienia do czasów przedindustrialnych. W tym wszystkim naukowcy dostrzegają wyraźny sygnał globalnego ocieplenia (Faust, Rauch, 2020).

Choć związek między zmianą klimatu a zagrożeniami pogodowymi jest złożony, dostępne metody badawcze umożliwiają stwierdzenie, czy w określonym regionie zdarzenia ekstremalne, takie jak deszcz powyżej określonej wartości lub temperatury powyżej określonego progu, stały się bardziej lub mniej prawdopodobne w porównaniu ze światem bez zmian klimatycznych. Nie można powiedzieć, że dane wydarzenie jest spowodowane zmianą klimatu, ponieważ przypadkowe skrajności występują naturalnie. Jednak porównując skrajności

ZMIANA KLIMATU

z pomiarami historycznymi i modelami komputerowymi klimatu niezmiennego przez emisje gazów cieplarnianych naukowcy wykazali, że globalne ocieplenie już mocno wpłynęło na pojawianie się niebezpiecznych zdarzeń pogodowych (<https://www.theguardian.com/world/2017/sep/27/climate-change-made-lucifer-heatwave-far-more-likely-scientists-find>).

Konsekwencje zmiany klimatu w poszczególnych regionach świata są bardzo zróżnicowane, co wynika zarówno z uwarunkowań przyrodniczych, jak i poziomu dotychczasowego rozwoju. Przewidywanie skutków angażuje specjalistów z różnych dziedzin z licznych ośrodków badawczych. Celem prowadzonych prac jest między innymi określenie wrażliwości, podatności na zagrożenia i adaptacyjności poszczególnych regionów do zmieniających się warunków klimatycznych, a tym samym również ryzyka wystąpienia i możliwości radzenia sobie ze skutkami ekstremalnych zjawisk pogodowych (Watson i in. 2001; Burchard-Dziubińska, 2016).

Ponieważ trudno być dziś optymistą i oczekiwać, że międzynarodowe wysiłki na rzecz ograniczenia emisji gazów cieplarnianych przyniosą pożądane rezultaty, niektóre skutki zmiany klimatu można uznać za nieuniknione. W związku z tym należy podjąć działania umożliwiające przystosowanie się do nich. Gotowość systemu do sprostania zagrożeniom można scharakteryzować poprzez rozpoznanie i zrozumienie ich natury, w celu podjęcia działań zmniejszających wrażliwość systemu społeczno-gospodarczego na negatywne konsekwencje zachodzących zmian. Dotyczy to zwłaszcza ekstremalnych zjawisk pogodowych, do których adaptacja, jeśli tylko jest możliwa, powinna być przedmiotem działań planistycznych, inwestycyjnych, edukacyjnych i organizacyjno-zarządczych, dostosowanych do lokalnej i regionalnej specyfiki. Około 75% katastrof naturalnych jest związane ze zjawiskami hydrometeorologicznymi. Zagrożenia dotyczą zdrowia i życia ludzi, stanu infrastruktury i majątku podmiotów oraz możliwości inwestowania i prowadzenia działalności gospodarczej. Szczególną kategorią są fale gorąca (rzadziej zimna), które stanowią przede wszystkim poważne zagrożenie dla zdrowia i życia ludności, nie zaś dla infrastruktury materialnej (WMO, WHO, 2015). Szacuje się, że od lat 80. XX wieku kwota odszkodowań wypłacanych z powodu katastrof wywołanych przez zjawiska pogodowe podwaja się co dekadę (z uwzględnieniem inflacji) (Mills, 2012). Ryzyko wynikające ze zmiany klimatu można rozpatrywać w krótkim i długim okresie. Mówiąc o najbliższych 20–30 latach z punktu widzenia zmiany klimatu mamy do czynienia z okresem krótkim.

W rozdziale, po omówieniu rodzajów zagrożeń wynikających ze zmiany klimatu w Polsce, dyskutowana jest kwestia ryzyka, jakie z tego wynika i możliwości łagodzenia negatywnych skutków odczuwanych przez różne podmioty (gospodarstwa domowe, przedsiębiorstwa, samorządy różnych szczebli).

2. Klasyfikacja ryzyka związanego ze zmianą klimatu

Niepewność i ryzyko to atrybuty przyszłości, które bierzemy pod uwagę, gdy mówimy o nadchodzącym biegu zdarzeń. W przypadku ryzyka zwykle określone jest prawdopodobieństwo wystąpienia określonej sytuacji. Niepewność ma charakter ogólny, kiedy mamy wątpliwości co do przebiegu i przyszłych skutków podejmowanych działań i zdarzeń. Ryzyko w sensie ekonomicznym to zbiór określonych niebezpieczeństw będących przyczynami potencjalnie realnych zdarzeń wpływających na funkcjonowanie podmiotu gospodarczego. W prawie ubezpieczeniowym ryzyko jest definiowane jako zdarzenie lub stan otoczenia danego podmiotu, będące skutkiem wystąpienia określonego niebezpieczeństwa (Kaniewski, 2010).

W sektorze ubezpieczeniowym wśród niegeofizycznych ryzyk naturalnych rozróżnia się zdarzenia meteorologiczne, hydrologiczne i klimatyczne. Zdarzenia meteorologiczne obejmują różnego rodzaju burze (tropikalne, konwekcyjne, lokalne) i wiatry. Do zdarzeń hydrologicznych należą powodzie, lawiny błotne i osunięcia się ziemi, natomiast do zdarzeń klimatologicznych ekstremalne temperatury, susze i rozległe pożary lasów i zarośli (Munich Re, 2020).

W przypadku zmiany klimatu mamy do czynienia z ryzykiem właściwym, związanym z działaniem prawa wielkich liczb i odnoszącym się najczęściej do zjawisk o charakterze katastroficznym. Jest to ryzyko systematyczne (zewnętrzne), inaczej mówiąc determinowane przez siły pozostające poza kontrolą podmiotu, który jest w jego zasięgu, w tym przypadku siły przyrody. Ten rodzaj ryzyka nie może być wyeliminowany przez pojedynczy podmiot (gospodarstwo domowe, przedsiębiorstwo, inwestora, władze różnych szczebli), gdyż z reguły ryzyko odnosi się do całego społeczeństwa lub określonej grupy ludzi. Zmiana klimatu może też być powodem ryzyka niekatastroficznego. Przykładowo przesuwanie się stref klimatyczno-roślinnych będzie oddziaływać na rolnictwo czy leśnictwo w określonych regionach, powodując powstanie strat (lub zysków¹) wywołanych przez globalne ocieplenie i wynikające z niego zmiany w ekosystemach. Ryzyko związane ze zmianą klimatu dotyczy różnych zdarzeń w zależności od długości okresu, dla którego prowadzona jest analiza. W okresie długim zwraca się przede wszystkim uwagę na przesuwanie się stref klimatyczno-roślinnych, podnoszenie się poziomu mórz i oceanów, zmianę okresów wegetacji i bioróżnorodności w poszczególnych ekosystemach, migracje różnych gatunków do miejsc dotychczas zbyt zimnych, aby mogły być stale przez nie zasiedlane. Procesy te

¹ Przykładowo, w krajach Europy Środkowej o klimacie wilgotnym i umiarkowanym, w normalnych latach mogą pojawić się również pozytywne aspekty nieskrajnych cech klimatycznych. Z uwagi na efekt nawożenia, CO₂ i dłuższy okres wegetacji, rośliny efektywniej wykorzystujące wody gruntowe mogą dawać większe plony z niektórych upraw, nawet na wyższych szerokościach geograficznych. Rolnictwo może częściowo rekompensować straty wynikające z większego ciepła i mniejszych opadów poprzez ciągłą i systematyczną uprawę odmian lepiej przystosowanych.

ZMIANA KLIMATU

zachodzą dość powoli, ale mimo to są już możliwe do zaobserwowania w ciągu życia jednego pokolenia. Mogą też stać się przyczyną zmian w funkcjonowaniu niektórych społeczności, zmuszając je do opuszczenia dotychczasowego miejsca zamieszkania, prowadzić do wybuchu konfliktów a nawet wojen. Na co dzień bardziej niepokoją zdarzenia o gwałtownym przebiegu, takie jak burze, deszcze nawalne, trąby powietrzne i silne wiatry, gradobicia czy powodzie. Trudniej je precyzyjnie prognozować, a zwłaszcza unikać ich destrukcyjnego oddziaływania, kiedy zachodzą. Specyficznym źródłem stresu są fale gorąca stanowiące bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi i innych organizmów, szczególnie jeśli potęgują występowanie suszy oraz ułatwiają powstawanie rozległych pożarów.

Ze względu na rodzaj konsekwencji wyróżnia się ryzyko osobiste, mające związek z możliwością przedwczesnej śmierci, inwalidztwa czy choroby oraz ryzyko materialne, wynikające z możliwości powstania straty w posiadanych środkach i mieniu lub upośledzające czerpanie z nich korzyści.

Ryzyko możemy też podzielić na gospodarcze i pozagospodarcze. W pierwszym przypadku chodzi o prawdopodobieństwo wystąpienia zakłóceń w działalności podmiotów ekonomicznych, w drugim o zajście zdarzeń oddziałujących na pozostałe sfery ludzkiej egzystencji (np. zdrowie).

Przypisywane zmianie klimatu narastanie częstości występowania i intensywności ekstremalnych zjawisk pogodowych znajduje już naukowe potwierdzenie, a wyniki badań tzw. atrybucji są pomocne w identyfikacji czynników ryzyka. Do tej pory większość badań dotyczyła skrajnych temperatur, ale analizuje się również występowanie fali upałów i zimna, susz, opadów i powodzi, parametrów oceanicznych oraz burz. Wśród 131 wyników badań opublikowanych w latach 2011–2016 w Biuletynie Amerykańskiego Towarzystwa Meteorologicznego w 65% wykazano wpływ zmiany klimatu na prawdopodobieństwo wystąpienia danego zdarzenia. W przypadku niektórych ekstremalnie wysokich temperatur prawdopodobieństwo wzrosło dziesięciokrotnie lub więcej (<https://public.wmo.int/en/media/news/july-sees-extreme-weather-high-impacts>).

W analizach ryzyka może znaleźć również zastosowania podejście statystyczno-empiryczne nawiązujące do teorii katastrof Rene Thoma. Chodzi o sytuację, gdy ciągła zmiana parametru kontrolnego (klimatu) prowadzi do jakościowych zmian zachowania systemów społeczno-gospodarczo-przyrodniczych (Zeckhauser, 1996).

Z danych publikowanych przez Munich Re dla lat 2004–2015 wynika, że wszystkie kategorie zdarzeń pogodowych i klimatycznych stanowiły większość wśród katastrof naturalnych. Ich udziały kształtowały się następująco: liczba zdarzeń ogółem od 85 do 94%, straty ogółem od 39 do 97%, liczba ofiar śmiertelnych od 5 do 95%, a straty ubezpieczone od 56 do 99%. Dziesięć katastrof najbardziej kosztownych pod względem strat ogółem w latach 2009–2015 dotknęło w sumie 47 krajów, przy czym krajami najczęściej nawiedzanymi przez żywioły były: Stany Zjednoczone (19 razy), Chiny (12), Filipiny i Niemcy (5), Czechy, Indie, Pakistan, Polska (4). Po trzy najbardziej kosztowne w analizowa-

nym okresie katastrofy wystąpiły w Austrii, Francji, Japonii, Kanadzie, Meksyku, Rumunii, Szwajcarii i na Węgrzech. Jak wynika z tego zestawienia, Polska znajduje się na liście obok innych krajów naszego regionu. W Europie najgroźniejsze dotychczas były powodzie i burze zimowe (Burchard-Dziubińska, 2016).

3. Wpływ zmiany klimatu na ryzyko w funkcjonowaniu systemu przyrodniczo-społeczno-gospodarczego w Polsce

Zmiana klimatu bezpośrednio i pośrednio oddziałuje na systemy przyrodniczo-społeczno-gospodarcze, a skutki ekstremalnych zjawisk pogodowych są odczuwalne właściwie we wszystkich sferach ludzkiej aktywności, choć oczywiście ich zakres różni się w zależności od ekspozycji oraz indywidualnej wrażliwości i zdolności do adaptacji jednostek, sektorów gospodarczych i ekosystemów. W Polsce największe ryzyko strat przypisywane jest do: powodzi, zwłaszcza błyskawicznych, susz, gradobicia, trąb powietrznych i fali upałów.

Naukowcy są przekonani, że zmiany klimatyczne wpływają na wzorce opadów w Europie i będą powodować częstsze obfite opady i gwałtowne powodzie w połączeniu z tendencją do występowania dłuższych faz suchych (Faust, Rauch, 2020). Znajduje to potwierdzenie również w Polsce. W latach 1946–2020 miało miejsce ponad 600 powodzi o różnej skali, przyczynach, przebiegu i stratach. Najczęściej występowały powodzie opadowe (ok. 60% ogółu). Miały miejsce również powodzie roztopowe, roztopowo-opadowe, zatorowo-śryżowe, sztormowe i będące skutkiem awarii lub nieprawidłowej eksploatacji urządzeń hydrotechnicznych. Te ostatnie stanowiły ok. 5% zdarzeń powodziowych (Bartnik, Jokiel, 2012).

Powodzie są zdarzeniem przyrodniczo-gospodarczym niosącym w Polsce najwyższe ryzyko strat. Doświadczenia z przeszłości powinny być przestrożą na przyszłość. Tak się jednak nie dzieje, o czym świadczą straty powtarzające się cyklicznie na niektórych terenach. Przykładowo, Sudety Zachodnie, a zwłaszcza Góry Izerskie, są często nawiedzane przez niezwykle groźne powodzie błyskawiczne. Dochodziło do nich np. na Kwisie, Bobrze, Nysie Łużyckiej i jej dopływach. Znajdują się one na szlaku przepływu wilgotnych frontów atmosferycznych znad Atlantyku. Ilustrują to sumy opadów: średnia roczna dla Polski wynosi około 600 mm/m^2 , a dla Gór Izerskich 1300 mm/m^2 , przy czym w okresie lipiec–sierpień miesięczna suma opadów w tym regionie sięga nawet 660 mm/m^2 . Do najczarniejszych w historii przeszła powódź błyskawiczna na Miedziance, która dotknęła Bogatynię i Markocice w sierpniu 2010 r. W ciągu kilku godzin wezbrana rzeczka zmiotła ok. 50 budynków mieszkalnych, 18 mostów i 15 km dróg. Zginęły 3 osoby. Wody wdarły się też do odkrywki kopalni węgla brunatnego „Turów”, rozmywając skarpy i poziomy wydobywcze. Z kolei wezbrane wody płynącej nieopodal Witki wlewały się do należącego do tej samej kopalni zbiornika wodnego w Niedowie, gdzie doszło do przekroczenia mocy spustowych zamontowanych tam urządzeń, przelania się wody przez koronę zapory i rozmycia

ZMIANA KLIMATU

jej korpusu, w efekcie czego kolejna powódź spustoszyła niżej położone miejscowości. Powódź w Bogatyni była częścią większej całości. Wezbrane wody sudeckich rzek spowodowały przerwanie wałów przeciwpowodziowych także w Czechach i Niemczech i ogromne straty materialne (*Powódź w Bogatyni*, 2010; <http://www.bogatynia.dwr.pl/powodz.html>).

Poważne zagrożenia związane są także z występowaniem powodzi miejskich. W Polsce ludność miejska stanowi 60,3% populacji. To plasuje nas powyżej średniej światowej, ale poniżej średniej europejskiej, wynoszącej 73,9%. Prognoza ONZ wskazuje, że do 2050 r. urbanizacja będzie narastać i w Polsce osiągnie ok. 70% (World Economic Forum, 2016; World Urbanization Prospects, 2018). W miastach koncentruje się istotna część aktywów gospodarki, majątku prywatnego i kapitału ludzkiego. Mały udział powierzchni biologicznie czynnej i mała ilość retencjonowanej wody ułatwiają formowanie się powodzi błyskawicznych. Gęsta zabudowa utrudnia natomiast ewakuację. Jakże to ma znaczenie Adam Bartnik i Piotr Moniewski (2010) wykazali na przykładzie dwu niewielkich rzek w regionie łódzkim: Sokołówki i Dzierżanej. Obie należą do zlewni Bzury i płyną w odległości kilku kilometrów od siebie. Sokołówka odwadnia północną część terenów miejskich Łodzi, zaś Dzierżana tereny podmiejskie. Warunki odpływu w zlewni Dzierżanej autorzy ocenili jako quasi-naturalne. Obserwacja zmiany przepływów w obu rzekach na skutek kilkugodzinnej letniej ulewy w czerwcu 2009 r. uzmysławia problemy związane z charakterem wezbrań formujących się na terenach zurbanizowanych. Czas koncentracji odpływu w zlewni Sokołówki trwał poniżej godziny, podczas gdy w zlewni Dzierżanej wyniósł ponad 20 godzin i choć przepływ kulminacyjny był w obu przypadkach podobny, to odpływ jednostkowy w zlewni Dzierżanej był prawie siedem razy mniejszy ($9,8 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{km}^2$).

Obfite i długotrwałe deszcze oraz powodzie przyczyniają się do powstawania osuwisk. W wyniku prac przeprowadzonych w latach 2008–2010 w ramach Projektu SOPO (System Osłony Przeciwsuwiskowej) uszczegółowiono dane na temat zagrożenia osuwiskami na terenie 34 gmin karpackich, a następnie ekstrapolowano je na pozostały obszar Karpat. Aż 95% terenów objętych tym zagrożeniem w Polsce znajduje się na terenie województw: podkarpackiego, małopolskiego i świętokrzyskiego, gdzie zostało zidentyfikowanych 50–60 tys. osuwisk. „Wskaźnik osuwiskowości” wyrażający wielkość obszaru objętego i zagrożonego osuwiskami w stosunku do powierzchni terenu ogółem jest w Karpatach szacowany na 30–40%. Poważne zagrożenie osuwiskami dotyczy też wybrzeża Bałtyku. Jest to związane z rzeźbą strefy brzegowej i jej strukturą geologiczną oraz z podnoszeniem się poziomu morza i zwiększoną częstotliwością występowania sztormów. Obserwuje się coraz szybsze cofanie się klifów w głąb lądu. (Gdzie występują..., 2019).

W Polsce również bardzo niebezpieczne są wezbrania roztopowe potęgowane zatorami lodowymi. Ogółem znanych jest co najmniej 790 odcinków koryt rzecznych predestynowanych do powstawania zatorów lodowych lub śryżowych (Bartnik, Jokiel, 2012).

Krańcowo odmiennym od powodzi rodzajem zagrożenia są susze. Rozwijają się one etapami. Wyróżnia się kolejno suszę atmosferyczną, glebową, hydrologiczną i hydrogeologiczną. Susza jest zjawiskiem ciągłym o zasięgu regionalnym i oznacza dostępność wody poniżej średniej w określonych warunkach naturalnych. Powstawaniu suszy sprzyja nie tylko brak opadów, ale także wysokie temperatury, silne wiatry i wysokie usłonecznienie. Im bardziej jest ona zaawansowana, tym zasięg oddziaływania jest szerszy. Susza hydrologiczna wynika z wpływu okresów z niedoborem opadów na poziom wody w rzekach i zbiornikach retencyjnych oraz w warstwach wodonośnych i oddziałuje na użytkowników tych wód: np. energetykę, rolnictwo, przemysł, ośrodki rekreacyjne, a także na naturalne ekosystemy. W przypadku suszy hydrogeologicznej dochodzi do zmniejszenia zasobów wód powierzchniowych i podziemnych, co w dalszej kolejności prowadzi do obniżenia zwierciadła wód gruntowych i wysychania studni. (Nowicka, 2005). W warunkach Polski susze obserwuje się przeważnie w okresie letnim. Jest to zazwyczaj związane z wysokim ciśnieniem powietrza i wyższą od wartości normalnych temperaturą powietrza, co powoduje zwiększenie zarówno ewapotranspiracji jak i zapotrzebowania na wodę. Duży zasięg przestrzenny oraz długi czas trwania suszy powodują, że jej wpływ na różne dziedziny sumuje się, przez co kumulują się również jej skutki. Ocena zagrożenia suszą wymaga podejścia wielokryterialnego, uwzględniającego nie tylko elementy meteorologiczne i hydrologiczne, ale również aspekt społeczny i gospodarczy. Straty powodowane przez susze bywają bardzo dotkliwe. Przykładowo, całkowity koszt suszy dla polskiej gospodarki w 2018 r. oszacowano na 2,6 mld zł (Klimat ryzyka, 2019).

W przypadku Polski należy podkreślić, że przedłużający się okres bez opadów, powodujący ubytek wód w glebie, rzekach i zbiornikach wodnych, znacząco wpływa na bezpieczeństwo energetyczne kraju, szczególnie na generację energii elektrycznej z elektrowni z otwartym systemem chłodzenia i z elektrowni wodnych. Zbyt niski stan wód zmniejsza efektywność chłodzenia albo, w skrajnych przypadkach, uniemożliwia wykorzystanie wody z rzek lub zbiorników do tego celu. Ponadto, niskie stany wód ograniczają a nawet uniemożliwiają generację energii elektrycznej z elektrowni wodnych. 10 sierpnia 2015 r. realne było zagrożenie tzw. *blackoutem*, czyli niekontrolowaną przerwą w dostawie energii elektrycznej dla znacznego obszaru kraju. W tym okresie w Polsce wystąpiła fala upałów, która przyczyniła się do znaczącego pogorszenia sytuacji hydrologicznej i wystąpienia dotkliwej suszy. Choć wybitnie niekorzystne warunki atmosferyczne utrzymywały się w całej Europie Środkowo-Wschodniej i Zachodniej, jedynie w Polsce wystąpiło zagrożenie bezpieczeństwa dostaw energii. Warunki meteorologiczne dwójako wpłynęły na obniżenie dostępnej mocy w systemie energetycznym. Po pierwsze, ze względu na zbyt niski stan wody w Wiśle i jej wysoką temperaturę, elektrownia w Kozienicach została zmuszona do ograniczenia poboru wody z rzeki, by nie przekroczyć dopuszczalnej temperatury w miejscu zrzutu, co w konsekwencji doprowadziło do zmniejszenia wytwarzanej

ZMIANA KLIMATU

mocy. Trudności z chłodzeniem miała też elektrownia w Ostrołęce (Sobik, 2018). Po drugie, dodatkowe zagrożenie stworzyła utrzymująca się fala upałów, która wpływała na rosnące zapotrzebowanie na energię, zwłaszcza w godzinach południowych i popołudniowych. Bardzo wysoka temperatura powietrza w połączeniu z bezwietrzną aurą doprowadziła do wzrostu rezystancji, a także spowodowała wydłużanie się linii napowietrznych, co skutkowało większym zwisem. Wywołało to konieczność zmniejszenia obciążalności takiej linii, co w konsekwencji doprowadziło do zmniejszenia przepustowości linii nawet do 50%. W związku z tym w godzinach południowych i wczesnym popołudniem, kiedy wystąpiła najwyższa temperatura dobowa oraz panowały niesprzyjające warunki pod kątem chłodzenia linii napowietrznych, konieczne stało się zmniejszenie obciążenia linii. W latach 2005–2015 czynniki pogodowe i problemy z dystrybucją (huragany, powodzie) stanowiły aż 75% przyczyn zakłóceń w dostawach energii w Polsce. Za 18% tych zakłóceń odpowiadał brak dostępnych zasobów (np. brak wody w sierpniu 2015 r.) (Bayer, 2018).

Kolejnym zagrożeniem o rosnącej częstości występowania i sile zniszczeń są w Polsce trąby powietrzne. Dawniej zdarzały się raz na kilka lat. W ciągu ostatnich dekad występują corocznie, nieraz wielokrotnie. Przykładowo 21 maja 2019 r. miało miejsce aż siedem trąb powietrznych. Mówi się już nawet o „polskiej alei tornad” przebiegającej przez województwa: śląskie, małopolskie, opolskie, świętokrzyskie, łódzkie i mazowieckie. Regiony te są najbardziej narażone na ryzyko trąb powietrznych pod względem ich intensywności i powodowanych zniszczeń. Specjaliści z IMGW zaliczają je do kategorii F2, F3 lub nawet F4 w sześciostopniowej skali Fujity-Pearsona, (od F0 do F5), którą wykorzystuje się do określania siły tornada na podstawie zniszczeń zabudowy. Trąby powietrzne zwykle towarzyszą gwałtownej formie burzy, tzw. superkomórce, która zapewnia jej niezbędną energię w postaci ciepłego powietrza obfitującego w wilgoć. Od początku XXI wieku zaobserwowano w Polsce 352 zjawiska tego typu, z których 61 miało postać trąb wodnych, charakterystycznych dla wybrzeża Morza Bałtyckiego (<https://www.imgw.pl/wydarzenia/czy-w-polsce-mamy-aleje-tornad>).

Naukowcy spodziewają się również wzrostu ryzyka wynikającego z gradobicia. Niszczycielskie skutki tego żywiołu zależą przede wszystkim od wielkości gradu (od 0,5 do 2 cm powoduje lekkie i średnie uszkodzenia roślin; od 2 do 4 cm – uszkodzenia lakieru samochodowego, wgniecenia, uszkodzenia plonów zbóż i owoców; od 4 do 6 cm – uszkodzenia okien dachowych, paneli słonecznych, poważne uszkodzenia samochodów i samolotów; powyżej 6 cm – ciężkie uszkodzenie budynków, poważne zagrożenia dla ludzi i zwierząt). Grad o średnicy 4 cm w momencie uderzenia osiąga prędkość ok. 100 km/h, zaś o średnicy 6 cm uderza z prędkością ok. 150 km/h, co oczywiście zwiększa jego niszczycielską siłę. Na terytorium Polski, podobnie jak w całej Europie Środkowej, można spodziewać się wzrostu częstości występowania gradobicia. Wielkość zmiany zależy od przyjętego scenariusza zmiany klimatu. Według wyników badań opublikowanych przez Munich Re, w scenariuszu umiarkowanym można

spodziewać się 30–40% wzrostu liczby takich zdarzeń niemal w całej Europie, z jeszcze większym wzrostem w niektórych częściach Włoch, na wschodnim wybrzeżu Adriatyku oraz w południowej Francji. W scenariuszu „biznes jak zwykle”, kiedy zmiany klimatyczne nie zostaną zahamowane, poważne gradobicia mogą występować prawie dwa razy częściej na rozległych obszarach Europy Środkowej i Wschodniej, a także we Włoszech, w południowej Francji i na wybrzeżu Adriatyku. Burze z gradem o średnicy większej niż 2 cm nie powodują poważnych uszkodzeń budynków, ale niszczą uprawy. Z badań wynika, że nawet w scenariuszu umiarkowanym w Europie wystąpi generalnie 10–20% wzrost tego rodzaju burz gradowych. Jeśli globalne ocieplenie będzie trwać nieprzerwanie, można spodziewać się wzrostu zagrożenia gradobiciem nawet o 80%, szczególnie w Europie Wschodniej, we Włoszech i części Niemiec. Szczególnie istotne z punktu widzenia roszczeń ubezpieczeniowych są zdarzenia gradowe z gradem o średnicy większej niż 5 cm. Jeśli średnia temperatura wzrośnie o 2,6°C, w latach 2071–2100 na terytorium Polski można spodziewać się wzrostu częstości występowania gradu o średnicy powyżej 5 cm od 80 do 160% (<https://www.munichre.com/topics-online/en/climate-change-and-natural-disasters/climate-change/hail.html>).

Kolejnym rodzajem zagrożenia o rosnącym ryzyku są fale upałów. Zaobserwowano wzrost częstości występowania wysokich temperatur powietrza, w tym dni upalnych i dni bardzo upalnych (Graczyk i Kundzewicz 2014; Graczyk i in. 2017; Wibig 2012). Dostępne dla Polski wyniki badań potwierdzają, że długotrwałe letnie fale upałów, które wystąpiły w naszym kraju w latach 1992, 1994, 2006 i 2010 przyczyniły się do wzrostu liczby zgonów, szczególnie osób w wieku powyżej 65 lat i cierpiących na schorzenia układu krążenia. W niektórych uwzględnionych w badaniu miastach w najgorętsze dni liczba ofiar śmiertelnych była ponad trzykrotnie wyższa niż średnia śmiertelność w okresie referencyjnym. W badanych miastach wystąpiły największe wzrosty ryzyka śmiertelności podczas fal upałów, które były zarówno intensywne, jak i długotrwałe, tj. z przekroczeniem maksymalnej temperatury powietrza 35°C i trwające dłużej niż 4 tygodnie. Wyniki wskazują, że wzrost śmiertelności podczas fali upałów jest poważnym zagrożeniem w Polsce już w obecnym klimacie i należy oczekiwać wzrostu ryzyka wraz z jego ocieplaniem (Graczyk i in., 2019).

Ponieważ w Polsce zachodzą także niekorzystne zmiany demograficzne związane ze starzeniem się populacji, można spodziewać się wzrostu liczby zgonów powodowanych wysokimi temperaturami (30°C i więcej). Starszy wiek uważany jest za jeden z najpoważniejszych czynników ryzyka dla zdrowia podczas fal upałów. W 1990 r. ludność w wieku 65+ stanowiła 10,2% ogółu ludności Polski, podczas gdy w 2012 r. było to już 14,2%. Prognozy wskazują, że do 2025 r. może to być 21,5%, czyli ponad dwukrotnie więcej, w ujęciu względnym, niż w 1990 r. (GUS 2014).

Kolejnym źródłem związanych z ociepleniem klimatu zagrożeń dla zdrowia i życia ludzi i zwierząt jest rozprzestrzenianie się chorób w związku z ekspansją i większą przeżywalnością ich wektorów, np. kleszczy i komarów. Może to

ZMIANA KLIMATU

oznaczając wzrost liczby zachorowań nie tylko na boreliozę i kleszczowe zapalenie opon mózgowych, ale także na malarię, leiszmaniozę i inne choroby znane w krajach o cieplejszym klimacie.

4. Zarządzanie ryzykiem związanym ze zmianą klimatu

Powtarzające się z coraz większą częstotliwością w Polsce ekstremalne zjawiska pogodowe i katastrofy naturalne związane z globalnym ociepleniem powinny skłaniać do poprawy efektywności procesów, które służą ograniczaniu ofiar i strat oraz racjonalizacji zachowań przez transfer ryzyka. Proces zarządzania ryzykiem obejmuje: identyfikację ryzyka, jego pomiar, sterowanie ryzykiem oraz monitorowanie i kontrolę ryzyka. Działania te powinny zostać powiązane z fizyczną kontrolą ryzyka w celu jego redukcji lub eliminacji. W przypadku analizowanej kategorii ryzyka związanego ze zmianą klimatu nie zawsze jest to wykonalne, jednak także w tej dziedzinie istnieją pewne możliwości działania, np. poprzez opracowanie długookresowych strategii obejmujących plany zagospodarowania przestrzennego oraz ograniczanie osadnictwa i zabudowy na zagrożonych obszarach. Jest jednak faktem, że wraz z wystąpieniem nadzwyczajnej katastrofy o ponadczasowej skali (np. wody stuletniej, albo tysiącletniej) straty pojawiają się również na tych terenach, co ujawnia słabość takiego sposobu kontroli ryzyka. Druga metoda fizycznej kontroli ryzyka polega na jego redukcji, np. poprzez stosowanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych i bardziej wytrzymałych materiałów budowlanych. Kolejną formą redukcji ryzyka są próby kontroli przyrody poprzez budowę wałów przeciwpowodziowych czy zbiorników retencyjnych, a w przypadkach, w których kontrola nie jest możliwa (opady deszczu, śniegu i gradu, burze, huragany itp.), tworzy się systemy wczesnego ostrzegania i zarządzania kryzysowego. Ta sfera działań adaptacyjnych jest w gestii organów państwowych.

Do finansowej kontroli ryzyka wykorzystuje się różne formy ubezpieczeń. Wycena i handel ryzykiem są funkcjami pełnionymi przez globalny system finansowy. W odniesieniu do ryzyka pogodowego istnieją dwa sposoby jego przenoszenia – ubezpieczenia i instrumenty pochodne, zwane derywatami pogodowymi (Michalak 2015). Podmioty ekonomiczne mogą dzięki nim dokonywać transferu ryzyka na zewnątrz. Jest to oczywiście działanie odpłatne, a koszty z tym związane zależą od wartości przedmiotu ubezpieczenia i oceny ryzyka przez towarzystwa ubezpieczeniowe. (Jajuga (red.) 2007; Preś, 2007). Swoistym sprawdzianem wydolności sektora ubezpieczeń są zwykle wielkie katastrofy naturalne, które wzbudzają dyskusję na temat zasad dostępu do ubezpieczeń, cen polis i kosztów funkcjonowania systemu. Z uwagi na nową ocenę ryzyka związanego ze zmianą klimatu mogą pojawić się trudności w ubezpieczeniu mienia na zagrożonych obszarach. Towarzystwa ubezpieczeniowe i reasekuracyjne z dużą wnikliwością analizują skutki katastrof i miejsca ich występowania w celu nowej

kalkulacji ryzyka i wyceny produktów ubezpieczeniowych. Ponieważ posiadanie stosownych polis jest często warunkiem koniecznym uzyskania kredytu inwestycyjnego lub subwencji rolnych, oznacza to, że w wielu przypadkach może pojawić się problem z dostępem do odpowiedniego ubezpieczenia już istniejących i planowanych nieruchomości upraw i hodowli oraz znaczny wzrost cen polis.

Przyrost liczby ludności narażonej na występowanie groźnych w skutkach zjawisk pogodowych wymusza tworzenie nowych strategii zarządzania ryzykiem katastroficznym i weryfikację dotychczasowych zasad działania przez towarzystwa ubezpieczeniowe i reasekuracyjne. Angażują się one we wspieranie badań nad klimatem, opracowywanie produktów i usług dostosowanych do jego zmiany, podnoszenie świadomości ludności, ograniczanie emisji własnych, ilościowe określanie i ujawnianie zagrożeń klimatycznych, włączanie kwestii zmiany klimatu do procesów podejmowania decyzji inwestycyjnych i do polityki publicznej. Przykładowo badania o charakterze behawioralnym w Stanach Zjednoczonych spowodowały zgłoszenie postulatu, aby uwzględniać krótkowzroczność w zachowaniu ludności i sprzedawać ubezpieczenie od powodzi nie jako umowy roczne, ale jako umowy wieloletnie (np. na 5 lub 10 lat), które zostaną dołączone bezpośrednio do zagrożonego mienia, a nie do właściciela domu. Powinno to być obowiązkowe dla wszystkich właścicieli domów na obszarach wysokiego ryzyka. (Michel-Kerjan, Kunreuther, 2011).

Choć w powszechnym odczuciu do sektorów najbardziej zagrożonych skutkami globalnego ocieplenia należą rolnictwo, energetyka, budownictwo, transport i turystyka, to branża ubezpieczeniowa znajduje się w samym centrum zmian. Należy pamiętać, że straty rosną wraz z powiększaniem się majątku, który potencjalnie może zostać zniszczony. Obecnie w Polsce wartość majątku, który trzeba chronić przed pożarami, powodzią czy gwałtownym wiatrem jest o 2,2 bln zł wyższa niż w 1995 r. (Klimat ryzyka, 2019). Ten jakże pożądaný ze społecznego punktu widzenia wzrost wartości posiadanych aktywów stanowi poważne wyzwanie dla sektora ubezpieczeniowego. Dlatego działania powinny zostać ukierunkowane na prewencję i adaptację oraz edukację skierowaną do całego społeczeństwa, ze szczególnym uwzględnieniem osób pełniących funkcje zarządcze w odniesieniu do dużych grup ludzkich i majątku o znacznej wartości. Dziś powszechnie mówi się już o adaptacji do zmiany klimatu obejmującej planowanie przestrzenne, budowę odpowiedniej infrastruktury ochronnej, stosowanie rozwiązań wykorzystujących rozwiązania naturalne (*natur based solutions*), takie jak np. wolne od zabudowy tereny zalewowe, zielone dachy, małe zbiorniki retencyjne (European Commission, 2015). Choć głównym celem zarządzania ryzykiem klimatycznym jest zapewnienie bezpieczeństwa, to w praktyce chodzi najczęściej o minimalizację ofiar i strat. W przypadku osuwisk najsensowniejszym zabezpieczeniem jest niebudowanie na terenach zagrożonych, a jeśli jest to nieuniknione, wszelkie prace budowlane powinny zostać poprzedzone badaniami geologiczno-inżynierskimi, które jednoznacznie określą, jak dany teren zabezpieczyć. Tereny zabudowane, na których występują osuwiska, powinny być pod-

ZMIANA KLIMATU

dawane systematycznej kontroli pod względem odwodnienia oraz wykonywania nasypów i wkopów. Do ograniczania powstawania kolejnych osuwisk można też wykorzystać zaprzestanie wylesiania terenu lub jego zalesianie. Lepszego planowania przestrzennego wymagają również tereny zurbanizowane. Polskie miasta, ze względu na liczbę ludności oraz znaczne nagromadzenie środków trwałych, wymagają szczegółowego rozpoznania wrażliwości na zmianę klimatu i podjęcia działań prewencyjnych, często już wskazywanych przez towarzystwa ubezpieczeniowe jako warunek konieczny ubezpieczalności ryzyka. Pierwsze próby działań w tej dziedzinie zostały już podjęte (Plany adaptacji do zmian klimatu 44 miast Polski, 2018).

W rolnictwie, dla którego lista zagrożeń jest wyjątkowo długa, także znajdują zastosowanie działania adaptacyjne (Faust, Strobl, 2018). Obejmują one wybór bardziej odpornych odmian roślin uprawnych oraz dostosowanie technologii produkcji. Rekomendowane środki zapobiegawcze to np. nawadnianie upraw i stosowanie siatek przeciwniebieskich w celu ochrony sadów owocowych i winnic. Jednak środki przystosowawcze mają ograniczone zastosowanie w przypadku skutków zdarzeń ekstremalnych. Należy brać również pod uwagę perturbacje dotykające całe łańcuchy produkcji żywności. W takich sytuacjach potrzebne są modele ubezpieczeniowe, które chronią rolników przed stratami finansowymi.

Zdarzenia wysoce prawdopodobne, które mogą nieść potencjalnie duże straty, najlepiej gdyby były ubezpieczane we współpracy branży ubezpieczeniowej oraz państwa, np. w formie partnerstwa publiczno-prywatnego. Jest to zgodne z porozumieniem z Sendai dotyczącym ograniczania ryzyka związanego z klęskami żywiołowymi na lata 2015–2030 i postulatami zgłaszanymi przez Europejskie Forum na rzecz Zmniejszania Ryzyka Klęsk Żywiołowych. Przedstawiciele samorządów lokalnych i regionalnych podkreślają, że z uwagi na wzrost intensywności i częstotliwości klęsk żywiołowych konieczny stał się zwrot w kierunku zwiększania odporności systemów społeczno-gospodarczych na takie klęski. Koncentrowanie się na reagowaniu i odbudowie przestało być wystarczające. Konieczna jest prewencja, która przekłada się na zmniejszenie prawdopodobieństwa ekstremalnego zdarzenia, i mitygacja, która ogranicza skutki negatywnego zdarzenia po jego zajściu (<https://cor.europa.eu/pl/news/Pages/disaster-resilience-european-committee-of-the-regions-mobilises-to-turn-global-commitments-into-local-action.aspx>).

Przykładowo, biorąc pod uwagę ryzyko powodzi, można sięgnąć do map pokazujących wartości indeksu powodziowości Françou-Rodiera dla poszczególnych obszarów. Indeks ten obliczany jest na podstawie natężenia przepływu maksymalnego i powierzchni zlewni. Jest wielkością niemianowaną i im jest wyższy, tym większa jest podatność zlewni/rzeki na występowanie powodzi. O znacznej podatności rzek na formowanie wielkich powodzi świadczy indeks powyżej 6. W przypadku Polski indeks nie przekracza wartości 5:0, ale tylko w odniesieniu do około 10% rzek wynosi więcej niż 3,5. W Polsce najwyższe poziomy indeksu powodziowości występują na obszarach zlokalizowanych

w województwach: podkarpackim, małopolskim, opolskim, dolnośląskim, lubelskim, świętokrzyskim i zachodniopomorskim (Bartnik, Jokiel, 20).

Istotny wkład do dyskusji na temat ryzyka powodziowego wnosi też publikacja Łukasza Kuźmińskiego (2018) *Modele probabilistycznego pomiaru i oceny ryzyka powodziowego na przykładzie dorzecza środkowej Odry*.

Dość powszechnie występującym w Polsce problemem jest niedoszacowanie, a nawet lekceważenie ryzyka związanego ze zmianą klimatu, co przekłada się na duże różnice pomiędzy stratami ubezpieczonymi a stratami ogółem. Ta rozpiętość w jakiejś mierze może wynikać z ograniczonych środków finansowych, będących do dyspozycji niezamożnych gospodarstw domowych. Liczby mówią same za siebie – podczas powodzi, która wystąpiła w 2010 r., ucierpiało łącznie 24 tys. rodzin, a straty oszacowano na ponad 12 mld zł. Tylko niecałe 13% tych strat było ubezpieczonych. Problem jest jednak szerszy, bo – jak wynika z badań Polskiej Izby Ubezpieczeń – ubezpieczeniem objętych jest tylko 60% majątku przedsiębiorstw, 60% jednorodzinnych budynków mieszkalnych. Sytuacja wygląda lepiej w przypadku obowiązkowych ubezpieczeń w rolnictwie (*Jak ubezpieczenia zmieniają Polskę i Polaków*, 2017).

Narastającym problemem staje się także objęcie systemem ubezpieczeń zdrowotnych ryzyka związanego z falami upałów i rozprzestrzenianiem się chorób znanych dotąd z cieplejszych regionów świata. Zapewnienie łatwego i powszechnego dostępu do usług medycznych w odpowiedzi na zagrożenia dla zdrowia i życia obywateli staje się coraz bardziej palącą kwestią, wymagającą dalszych działań i szczegółowych badań.

5. Podsumowanie

W tabeli 8.1. podsumowane zostały badania na temat rodzajów zagrożeń wynikających ze zmiany klimatu w Polsce i problemów z nimi związanych. Dotyczą one dwóch sfer, społecznej i gospodarczej, które w praktyce wzajemnie na siebie oddziałują.

Generalnie odporność systemów społeczno-gospodarczych na szeroko rozumiane katastrofy naturalne (poza katastrofami o charakterze geofizycznym) jest silnie uzależniona od poziomu rozwoju i zamożności regionów. Regiony bardziej zamożne mają więcej do stracenia, ale zwykle łatwiej znajdują środki na odbudowę i działania prewencyjne i adaptacyjne.

Dostępne wyniki badań potwierdzają istnienie i narastanie w Polsce zagrożeń dla społeczeństwa i gospodarki wynikających ze zmiany klimatu. Zostało to już zauważone przez liczne podmioty gospodarcze, które corocznie doświadczają negatywnych skutków ekstremalnych zjawisk pogodowych. Dotyczy to także sektora ubezpieczeniowego. Coraz większym zainteresowaniem decydentów cieszy się rozpoznanie możliwości adaptacji do zachodzących zmian. Czas pokaże, czy będzie to adaptacja antycypacyjna, czy reaktywna prywatna, czy publiczna.

ZMIANA KLIMATU

Tabela 8.1. Zagrożenie związane ze zmianą klimatu w Polsce

Sfera	Rodzaj problemu	Źródła zagrożeń
Społeczna	<ul style="list-style-type: none"> - Zagrożenia osobiste dla zdrowia i życia ludności; - Utrata/zniszczenie posiadanego majątku, - Utrata możliwości świadczenia pracy i zarobkowania; - Przesiedlenia i migracje ludności; - Konflikty np. na tle dostępu do wody; - Znaczące zmiany w ekosystemach. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ekstremalne zjawiska pogodowe, zwłaszcza powodzie, lawiny błotne i osunięcia ziemi, trąby powietrzne i huraganowe wiatry, fale gorąca; - Wzrost skrajnie wysokich temperatur; - Rozprzestrzenianie się wektorów chorób; - Zmiana stosunków wodnych – stepowanie i pustynnienie; - Podnoszenie się poziomu morza.
Gospodarcza	<ul style="list-style-type: none"> - Straty materialne wynikające ze zniszczeń w infrastrukturze społecznej, transportowej, energetycznej, ochrony środowiska itp.; - Straty materialne wynikające ze zniszczeń w infrastrukturze produkcyjnej w przemyśle i usługach; - Straty w produkcji w rolnictwie, rybactwie, leśnictwie; - Zmniejszenie wartości gospodarczej lasów; - Zakłócenia w łańcuchach dostaw; - Zakłócenia w transporcie; -Przerwy w dostawach energii elektrycznej; - Wzrost zapotrzebowania na energię do celów chłodzenia; - Straty pośrednie z powodu wzrostu liczby niespłaconych kredytów; - Zmiany cen gruntów; - Rosnące koszty opieki zdrowotnej; - Rosnące koszty działań pomocowych, naprawczych i adaptacyjnych; - Rosnące koszty ubezpieczeń. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ekstremalne zjawiska pogodowe: powodzie, lawiny błotne i osunięcia ziemi, trąby powietrzne i huraganowe wiatry, fale gorąca i zimna, susze, pożary, wiosenne przymrozki, deszcze nawalne i gradobicia; - Pożary lasów; - Wzrost skrajnie wysokich temperatur; - Zmiana rozkładu opadów oraz ich intensywności; - Zmiana stosunków wodnych, stepowanie, pustynnienie; - Rozprzestrzenianie się szkodników i wektorów chorób stanowiących zagrożenie w rolnictwie i leśnictwie; - Przesuwanie się naturalnych stref roślinnych; - Podnoszenie się poziomu morza.

Źródło: opracowanie własne na podstawie literatury.

Bibliografia

- Bartnik, A, Moniewski, P. (2010). Formowanie się i charakter wezbrań dwu małych rzek o różnym stopniu zurbanizowania zlewni na przykładzie Sokołówki i Dzierżanej. w: M. Barwiński (red.) Obszary metropolitalne we współczesnym środowisku geograficznym. (ss. 325–336) T. 2. Łódź: 58 Zjazd Polskiego Towarzystwa Geograficznego.
- Bayer, E. (2018). Zarządzanie ryzykiem na europejskim, wspólnym rynku energii: Forum energii. Analizy i dialog, <https://forum-energii.eu/public/upload/articles/files/Zarza>

- %CC%A&dzanie%20ryzykiem%20na%20europejskim%20wsp%CC%81nym%20rynku%20energii.pdf
- Burchard-Dziubińska, M. (2016). Ryzyko pogodowe na rynku ubezpieczeń. w: *Ekonomia XXI wieku* 4(12) 2016, ss. 46–56.
- Climate change and its consequences, 02.03.2020, <https://www.munichre.com/topics-online/en/climate-change-and-natural-disasters/climate-change/climate-change-heat-records-and-extreme-weather.html> (dostęp 05.09.2020)
- European Commission, 2015, Towards an EU Research and Innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities. Final Report of the Horizon2020 expert group on nature-based solutions and re-naturing cities. Brussels: European Commission.
- Faust E., Rauch E. (2020) Series of hot years and more extreme weather. Climate change and its consequences. <https://www.munichre.com/topics-online/en/climate-change-and-natural-disasters/climate-change/climate-change-heat-records-and-extreme-weather.html> (dostęp 18.08.2020)
- Faust E., Strobl M. (2018). Heatwaves, drought and forest fires in Europe: Billions of dollars in losses for agricultural sector. <https://www.munichre.com/topics-online/en/climate-change-and-natural-disasters/climate-change/heatwaves-and-drought-in-europe.html> (dostęp 18.08.2020)
- Funkcjonowanie i bezpieczeństwo elektroenergetycznych sieci przesyłowych. (2014) Najwyższa Izba Kontroli, Warszawa.
- Graczyk, D, Kundzewicz, ZW. (2014). Changes in thermal extremes in Poland. w: *Acta Geophysica* 62(6). ss. 1435–1449.
- Graczyk, D, Pińskwar, I, Kundzewicz, ZW, Hov, Ø, Førland, EJ, Szwed, M., Choryński A. (2017). The heat goes on – changes in indices of hot extremes in Poland. w: *Theoretical and Applied Climatology* 129.
- Graczyk, D., Kundzewicz, Z.W., Choryński, A., Førland, E.J., Pińskwar, I., Szwed, M. (2019). Heat-related mortality during hot summers in Polish cities. w: *Theoretical and Applied Climatology* 136: ss. 1259–1273
<http://www.bogatynia.dwr.pl/powodz.html>
<https://cor.europa.eu/pl/news/Pages/disaster-resilience-european-committee-of-the-regions-mobilises-to-turn-global-commitments-into-local-action.aspx> (dostęp 19.08.2020)
<https://public.wmo.int/en/media/news/july-sees-extreme-weather-high-impacts> (dostęp 18.08.2020)
<https://www.gov.pl/web/srodowisko/gdzie-wystepuja-osuwiska-w-polsce> (dostęp 19.08.2020)
<https://www.imgw.pl/wydarzenia/czy-w-polsce-mamy-aleje-tornad> (dostęp 20.08.2020)
<https://www.munichre.com/en/risks/agricultural-risks.html#-1074101179> (dostęp 18.08.2020)
<https://www.munichre.com/topics-online/en/climate-change-and-natural-disasters/climate-change/hail.html> (dostęp 20.08.2020)
<https://www.theguardian.com/world/2017/sep/27/climate-change-made-lucifer-heatwave-far-more-likely-scientists-find> (dostęp 18.09.2020)
<https://www.theguardian.com/world/2017/sep/27/climate-change-made-lucifer-heatwave-far-more-likely-scientists-find> (dostęp 08.08.2020)
- Jak ubezpieczenia zmieniają Polskę i Polaków. (2017). Warszawa. <https://piu.org.pl> (dostęp 10.09.2020)

ZMIANA KLIMATU

- Kaniewski, T. (2010). Możliwość zabezpieczania ryzyk pogodowych. Ubezpieczenia w zarządzaniu ryzykiem, PTE, Toruń. ss. 120–121.
- Klimat ryzyka. (2019). Polska Izba Ubezpieczeń, Deloitte Sustainability Consulting Central Europe, Warszawa.
- Kuźmiński Ł. (2018) Modele probabilistycznego pomiaru i oceny ryzyka powodziowego na przykładzie dorzecza środkowej Odry, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.
- Michalak, D. (2015). Ubezpieczenia od katastrof naturalnych jako istotny element zrównoważonego rozwoju. W: *Ekonomia i Środowisko*, vol. 1(52).
- Michel-Kerjan, E., Kunreuther, H. (2011). Redesigning Flood Insurance. w: *Science*, Vol. 333 ss. 408-409.
- Mills, E. (2012). The greening of insurance. w: *Science*, 14 December, Vol. 338(1425),
- Nowicka, B. (2005). Niżówki i susze. w: A. Richling, K. Ostaszewska: *Geografia fizyczna Polski*. Warszawa: PWN.
- Plany adaptacji do zmian klimatu 44 miast Polski*. (2018). Warszawa, http://44mpa.pl/wp-content/uploads/2018/12/MPA_NET-PL-20-12.pdf
- Powódź w Bogatyni*. (2010). w: *Kwartalny Biuletyn Informacyjny Węgiel Brunatny* nr 3 (72)
- Preś, J. (2007). *Zarządzanie ryzykiem pogodowym*, Warszawa: CeDeWu.
- Prognoza ludności na lata 2014–2050, seria – Analizy i badania statystyczne*. (2014). GUS, Warszawa.
- Prognoza ludności na lata 2014–2050*. (2014). w: *Seria – Analizy i badania statystyczne*, GUS. Warszawa.
- Sobik, B. (2018). Analiza przyczyn wystąpienia zagrożenia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej w sierpniu 2015 roku w Polsce oraz sposoby zapobiegania takim zdarzeniom. ss. 193–208. w: *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk* nr 103.
- Watson, R.T. i in. (2001). *Climate Change 2001 – Synthesis Report*. Cambridge University Press.
- Wibig, J. (2012). Has the frequency or intensity of hot weather events changed in Poland since 1950? W: *Advances in Science and Research* 8. ss. 87–91.
- WMO, WHO. (2015). *Heatwaves and Health Guidance on Warning-System Development*, World Meteorological Organization, World Health Organization.
- World Economic Forum. (2016). *Inspiring Future Cities & Urban Services. Shaping the Future of Urban Development & Services Initiative*.
- World Urbanization Prospects 2018, *Population of Urban and Rural Areas at Mid-Year (thousands) and Percentage Urban*.
- Zeckhauser R. (1996). The Economics of Catastrophes. *Journal of Risk and Uncertainty*, 12 (2/3), 113-140. <http://www.jstor.org/stable/41760803>