

Zagrożenia wywołane zmianami klimatu w różnych dziedzinach życia człowieka i gospodarki

Słowa kluczowe: groźne zjawiska pogodowe, klasyfikacja zagrożeń, skutki katastrof pogodowych

Ocieplenie klimatu na kuli ziemskiej, obserwowane od drugiej połowy XIX stulecia, zostało przyjęte za niepodważalny fakt. Nie wdając się w różnice interpretacyjne przyczyn tego procesu, należy uświadomić sobie, jakie skutki on przynosi. Ocieplenie to nie tylko nierównomierny wzrost temperatury powietrza w różnych porach roku, szczególnie w strefie szerokości umiarkowanych i polarnych, ale także pewne zmiany w częstotliwości pojawiania się licznych zdarzeń i zjawisk pogodowych. Wywołane są one, jako wtórny efekt, przez zmienność typów cyrkulacji atmosferycznej, zarówno w skali kontynentu, jak i regionu. Razem z ekspansją gospodarczą człowieka na tereny dotychczas niezagospodarowane lub porzucone, zwiększa się liczba groźnych zjawisk atmosferycznych różnej genezy, które są przyczyną dotkliwych w skutkach, także nieprzewidywalnych, katastrof i klęsk.

Zmieniła się zatem częstość występowania zjawisk groźnych dla człowieka i przyrody, ale należy wziąć pod uwagę, że zwiększyły się możliwości obserwacyjne oraz prognostyczne tych zjawisk. Spore koszty ponoszone na konstruowanie satelitów meteorologicznych, radarów, specjalistycznych systemów teledetekcyjnych udostępniają ich obserwację, a następnie umożliwiają ich przewidywanie w skali kraju czy regionu, ale nie w skali lokalnej. Prognozy krótkoterminowe pozwalają na dokładne określenie czasu i prawdopodobieństwa wystąpienia np. burzy czy wichury, ale dokładne przewidywanie miejsca wystąpienia groźnego wyładowania atmosferycznego czy uformowania się trąby powietrznej nie jest możliwe. Ważnym zatem sposobem zapobiegania klęskom żywiołowym jest znajomość własnej okolicy, co szczególnie dotyczy obszarów górskich i podgórskich, gdzie urozmaicona rzeźba, głęboko wcięte doliny rzeczne, sprzyjają różnego rodzaju katastrofom przyrodniczym. Nie ma jednak doskonałego sposobu uchronienia się przed wszystkimi groźnymi zjawiskami.

Określenia, definicje zdarzeń i zjawisk ekstremalnych oraz klęsk żywiołowych

Problem zagrożeń przez gwałtowne zjawiska atmosferyczne w Polsce dość często przewija się w literaturze

Prof. dr hab. J. Trepińska, mgr J. Kopycki – Uniwersytet Jagielloński, Zakład Klimatologii i GiG

naukowej i popularno–naukowej, zwłaszcza od lat 90. XX wieku. Uczestnicy Programu „Zmiany Globalne Geosfery i Biosfery” przy Polskim Komitecie Narodowym Prezydium Polskiej Akademii Nauk oraz Komitetu Prognoz „Polska 2000 Plus” zajęli się obszerną tematyką zmian klimatu w Polsce [1]. Większość zagadnień przedstawionych w tej publikacji nie straciła nic na aktualności w dniu dzisiejszym, a zainteresowanie groźnymi zdarzeniami i zjawiskami pogodowymi znacznie wzrosło. Znalazło to wyraz m.in. w realizowanym w latach 2004–2008, zamawianym przez Ministerstwo Środowiska projekcie badawczym „Ekstremalne zdarzenia meteorologiczne i hydrologiczne w Polsce (ocena zdarzeń oraz prognozowanie ich skutków dla środowiska życia człowieka)”. Wykonawcami projektu badawczego byli pracownicy kilkunastu uczelni polskich i instytutów Polskiej Akademii Nauk, geografowie różnych specjalności, geofizycy, pod kierownictwem prof. dra hab. Jacka Jani z Uniwersytetu Śląskiego.

Opracowano podstawowe definicje ekstremalnych wartości elementów meteorologicznych oraz wyróżniono zjawiska ekstremalne. Przykładowo: za absolutne maksimum i absolutne minimum przyjęto najwyższą i najniższą wartość stwierdzoną do tej pory w charakterystyce danego elementu czy zjawiska. Za zjawiska ekstremalne uznano zjawiska lub wartości elementów meteorologicznych bliskie ekstremalnym wartościom absolutnym, których prawdopodobieństwo przekroczenia jest mniejsze od 10%, czyli szansa ich wystąpienia – raz na 10 lat. Za zjawiska ekstremalne wyjątkowe uznano zjawiska lub wartości bliskie ekstremom absolutnym danej charakterystyki (klimatycznej, hydrologicznej, geomorfologicznej), których prawdopodobieństwo przekroczenia jest mniejsze od 1%, czyli szansa ich wystąpienia – raz na 100 lat. Za klęskę żywiołową uznano katastrofę naturalną, występującą losowo, powodującą wielkie zniszczenia w przyrodzie lub miejscach bytowania człowieka, niekiedy z ofiarami śmiertelnymi. Ekstremalne charakterystyki meteorologiczne i hydrologiczne zostały określone liczbowo, osobno w odniesieniu do wybranych elementów i zjawisk meteorologicznych oraz zdarzeń hydrologicznych i geomorfologicznych. Sporządzone ekstremalne charakterystyki meteorologiczne, hydrologiczne, geomorfologiczne w znacznym stopniu ułatwiają zaliczenie obserwowanego zjawiska do odpowiedniej grupy klasyfikacyjnej. Ten aspekt można wykorzystać

nie tylko do badań typu poznawczego, ma on także znaczenie praktyczne, np. do określania stawek ubezpieczeniowych i odszkodowań za wyrządzone przez naturę zniszczenia.

W tym opracowaniu autorzy starają się przedstawić realne zagrożenia ze strony ekstremalnych zdarzeń pogodowych, nie występujących często, ale bardzo niebezpiecznych dla ludzi i ich mienia. Badania środowiska geograficznego dowiodły, że ok. 90% wszystkich klęsk spowodowały właśnie takie zdarzenia i zjawiska. Wybrane jako okres badawczy 50-lecie 1951–2000 było wystarczającym wieloleciem do określenia utrzymywania się tendencji do ocieplania się klimatu oraz sprzężonych z tym trendem zdarzeń i zjawisk atmosferycznych o gwałtownym przebiegu.

Baza podstawowych danych

Do przedstawienia problemu współczesnych zmian klimatu jest konieczna długa seria obserwacji. W pracach krakowskich klimatologów główną podstawą danych jest archiwum Stacji Naukowej Zakładu Klimatologii Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. W jej skład wchodzi dwa punkty pomiarowe – tzw. stacja historyczna, mieszcząca się na zewnątrz okna drugiego piętra budynku Collegium Śniadeckiego oraz posterunek w Ogrodzie Botanicznym UJ, gdzie znajduje się standardowa stacja klimatologiczna. Archiwum Stacji Naukowej dysponuje serią pomiarową od 1792 roku, gdyż w tym właśnie roku astronom, profesor Jan Śniadecki rozpoczął pierwsze pomiary meteorologiczne w ówczesnym Obserwatorium Astronomicznym. Stacja ta została w 1976 roku przekazana do Zakładu Klimatologii, bez zmiany miejsca pomiarów. Kilka zdań poświęconych stacji klimatologicznej w Krakowie, jednej z najstarszych w Polsce, wyjaśnia, że wnioskowanie, co do tendencji zmian temperatury powietrza na podstawie tak długiej serii jest w pełni uprawnione. Dodatkowo należy zaznaczyć, że tak istotna w badaniach zmian klimatu jednorodność serii pomiarowej została w pełni zachowana, gdyż wszystkie zachowane opisy i dokumenty potwierdzają stałość miejsca obserwacji. Terminy obserwacji oraz sposoby wyliczania średnich były wprawdzie zmieniane, ale te różnice były uwzględniane i wyrównywane przez licznych autorów – najpierw astronomów, później klimatologów, zajmujących się analizą przebiegu wybranych elementów meteorologicznych już w pierwszej połowie XIX wieku [2].

Ekstremalne zdarzenia i zjawiska atmosferyczne – klasyfikacja zagrożeń

W celu formalnego uporządkowania szeregu ekstremalnych zdarzeń i zjawisk pogodowych, generujących zagrożenia oraz katastrofy, a nawet klęski żywiołowe, zgrupowano je następująco, w zależności od związków z elementami pogody.

1. Zagrożenia związane z niekorzystnymi warunkami termicznymi długo trwającymi:
 - fale upałów, wyróżnione przez występowanie ciągów dni z określoną temperaturą maksymalną t_{max} : dni gorących ($z t_{max} > 25^{\circ}\text{C}$) i dni upalnych ($z t_{max} > 30^{\circ}\text{C}$): susze (atmosferyczne, hydrologiczne i glebowe), pożary lasów, znaczne zmniejszenie zbiorów zbóż i roślin okopowych (nieurodzaj),
 - fale mrozów, wyróżnione przez występowanie ciągów dni z określoną temperaturą maksymalną t_{max} : dni mroźnych ($z t_{max} < 0^{\circ}\text{C}$), dni bardzo mroźnych ($z t_{max} < -10^{\circ}\text{C}$): wymrażanie ozimin i drzew owocowych,
 - fale przymrozków, wyróżnione przez występowanie ciągów dni z określoną temperaturą maksymalną t_{max} i temperaturą minimalną t_{min} : dni przymrozkowe ($z t_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ i $t_{max} > 0^{\circ}\text{C}$): wymrażanie kwiatów lub zawiązków owoców drzew w sadownictwie, wymarzenie upraw w warzywnictwie.
2. Zagrożenia bezpośrednie wynikające z niekorzystnych warunków opadowych:
 - opady o małym natężeniu, kilkudniowe, długo utrzymujące się oraz opady o dużym natężeniu, gwałtowne, krótkotrwałe: niebezpieczne wezbrania rzek i cieków, powodzie lokalne (w małych zlewniach) lub regionalne (w dorzeczeniach większych rzek lub ich częściach), podtopienia, utrzymywanie się rozlewisk wody na niżej położonych terenach użytkowanych rolniczo lub zabudowanych.
3. Zagrożenia pośrednie związane z opadami nad pewnymi obszarami:
 - niszczenie lasów przez kwaśne deszcze,
 - zakwaszanie gleby i zbiorników wodnych.
4. Zagrożenia spowodowane przez opady śniegu:
 - zawieje i zamiecie śnieżne: zasypanie na drogach, ograniczenie widzialności w ruchu drogowym, śliska nawierzchnia dróg, niebezpieczeństwo wypadków,
 - okiść śniegowa: łamanie i wyginanie gałęzi drzew,
 - zaleganie zwałów śniegu na dachach budynków: niebezpieczeństwo zaważenia lub uszkodzenia budynków.
5. Zagrożenia spowodowane przez nagłe, krótkotrwałe opady:
 - gradobicia: straty w rolnictwie, szkody w infrastrukturze,
 - gołoledzie: niebezpieczeństwo wypadków drogowych, zrywanie linii przesyłowych energii elektrycznej, śliska nawierzchnia chodników.
6. Zagrożenia spowodowane przez elektrometeory:
 - wyładowania elektryczne: śmiertelne wypadki porażeń ludzi piorunem, szczególnie w górach, pożary od uderzenia pioruna.

7. Zagrożenia spowodowane przez czynniki cyrkulacyjne:
- gwałtowne wiatry lokalne (wiatr halny): pogorszenie się stanu zdrowia psychicznego, zniszczenia w lasach (wiatrołomy) i w infrastrukturze,
 - gwałtowne wiatry wywołane czynnikami cyrkulacyjnymi (orkany, trąby powietrzne, sztormy): śmierć ludzi, zniszczenia w lasach i w infrastrukturze,
 - cisze atmosferyczne: niekorzystne w miastach podczas fal upałów – smog, wyspy ciepła, słabe przewietrzanie w miastach położonych w kotlinach, niekorzystne warunki biometeorologiczne.

Próba klasyfikacji silnych wiatrów jest zamieszczona w publikacji A. Maciążka [3].

8. Zagrożenia spowodowane przez litometeory:
- pyły naturalne i antropogeniczne (z kopalń odkrywkowych, zakładów wapienniczych, kamieniołomów): zmniejszenie przezroczystości atmosfery, pogorszenie warunków aerosanitarnych.
9. Inne zagrożenia dla biosfery, spowodowane zmianami klimatycznymi:
- zmiany zasięgu występowania fauny, m.in. szkodników,
 - zmiany w strukturze oraz w plonowaniu głównych roślin uprawnych,
 - zmiany w ekosystemach leśnych.

Jako wtórne skutki zdarzeń i zjawisk meteorologicznych można wymienić takie zagrożenia hydrologiczne i geomorfologiczne jak: osuwiska, obrywy, spływy błotne, intensywną erozję powierzchniową, zamulanie kanałów, przepustów.

Skutki wybranych katastrofalnych zjawisk i zdarzeń pogodowych w Polsce

Zmiany klimatu wpływają na wzrost nie tylko średnich (np. rocznych) wartości temperatury powietrza, ale również wartości ekstremalnych (maksymalnych i minimalnych) tego elementu meteorologicznego. Długotrwałe okresy z bardzo wysoką temperaturą powietrza pociągają za sobą liczne ofiary śmiertelne, szczególnie wśród osób starszych i o słabszej kondycji. Szacuje się, że fala upałów, która przeszła w sierpniu 2003 roku przez zachodnią Europę, w samej tylko Francji spowodowała śmierć blisko 15 tys. osób.

Lato 1992 roku było w Polsce bardzo suche i upalne. Deszcz w wielu regionach kraju nie padał od maja, a maksymalne temperatury sięgały w lipcu i sierpniu 38°C. Zagrożenie pożarowe w lasach było w tych warunkach ogromne. Szczególnie zagrożone wybuchem pożaru były te lasy, w których dominującym gatunkiem jest sosna, jak np. liczący ok. 50 tys. ha kompleks leśny między Gliwicami, Rybnikiem i Kędzierzynom–Koźle. W dniu 26 sierpnia 1992 roku wybuchł tutaj największy pożar (fot.1.), jaki zdarzył się w krajach środkowej i zachodniej Europy po II



Fot. 1. Pożar lasu w okolicach Kuźni Raciborskiej, sierpień 1992 roku

źródło: www.opole.naszemiasto.pl

wojnie światowej. Las zapalił się prawdopodobnie od iskry, która wyskoczyła spod zablokowanych kół przejeżdżającego pociągu. Pożar rozwijał się w zastraszającym tempie – o godz. 14⁵⁰, godzinę po zauważeniu ognia, powierzchnia płonącego obszaru wynosiła 40 ha, a około godziny 16⁰⁰ płonęło już 180 ha lasu. W wyniku pożaru, który ostatecznie został ugaszony dopiero 30 września, spłonęło w sumie 9062 ha lasu. Zniszczenia na terenie nadleśnictw: Rudy Raciborskie, Rudziniec i Kędzierzyn–Koźle miały cechy kłęski ekologicznej. Żywiol pochłonął trzy ofiary śmiertelne.

W Polsce wyjątkowo ciepły, a zarazem suchy, był lipiec 2006 roku. W Krakowie wystąpiły wówczas dwie fale upałów, kiedy temperatura maksymalna każdego dnia przekraczała 30°C: od 7 do 13 lipca oraz od 19 do 29 lipca.

Suche i gorące lato 2006 roku sprawiło, że zbiory zbóż były w naszym kraju o 20% niższe niż zazwyczaj. Nadzwyczaj wysokie temperatury były przyczyną problemów w energetyce – gwałtownie wzrósł popyt na energię elektryczną, w związku z potrzebą klimatyzacji pomieszczeń. Wyginanie się szyn kolejowych pod wpływem wysokiej temperatury skutkowało nawet kilkugodzinnymi opóźnieniami na kolei, gdyż np. pociągi korzystające z Centralnej Magistrali Kolejowej na niektórych odcinkach trasy jeździły z prędkością nie większą niż 40 km/h. W wodnym transporcie śródlądowym nastąpiły przerwy w przewozie ładunków – barki zostały uwięzione w portach w oczekiwaniu na wyższe stany wody na głównych polskich rzekach.

W porównaniu z państwami położonymi w środkowej i zachodniej części Niżu Europejskiego, Polska jest krajem stosunkowo ubogim w wodę. Prognozy na najbliższe dziesięciolecie przewidują dalsze pogłębianie się problemów, choćby na skutek wzrastających aspiracji ludności odnośnie do warunków życia [4].

Susza atmosferyczna to długotrwały okres braku opadów atmosferycznych lub dużego ich niedoboru, występujący przeważnie w półroczu letnim. W Polsce taki stan pogody występuje najczęściej wtedy, gdy w okresie wegetacyjnym napływa bardzo ciepłe powietrze. Jeśli okres ten jest poprzedzony opadami mniejszymi od przeciętnych, susza uwidacznia się szybciej, a jej konsekwencje są groźniejsze [5]. Susza glebowa jest następstwem suszy atmosferycznej i wiąże się z niską zawartością wilgoci w glebie, co prowadzi do wędnięcia i usychania roślin, a w konsekwencji do spadku plonów.

Zdaniem ekspertów z Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, klęska suszy, jaka miała miejsce w Polsce latem 2008 roku, dotknęła prawie 70% polskich gmin i 60% gruntów ornych. Problem suszy ominął jedynie Małopolskę, dzięki większym niż w pozostałych regionach kraju opadom atmosferycznym. Obszarami najbardziej dotkniętymi suszą okazały się Wielkopolska i Kujawy, a szczególnie głęboka susza spustoszyła uprawy w okolicach Poznania (fot. 2.). Do obszarów klęski należy zaliczyć także północno-zachodnią część województwa łódzkiego. Mniejsze, o 10–20%, zbiory dotyczyły zbóż ozimych i jarych, ziemniaków, chmielu, tytoniu, warzyw gruntowych, truskawek, roślin strączkowych, rzepaku i rzepiku, buraków cukrowych.



Fot. 2. Klęska suszy w środkowej Polsce (okolice Poznania), lato 2008 roku

źródło: www.rolnikdzierzawca.pl

Charakterystyczną cechą klimatu Polski jest występowanie w okresie zimowym dni z temperaturą maksymalną powietrza poniżej 0°C, tzw. dni mroźnych. Szczególnie niekorzystne dla organizmu i gospodarczej działalności człowieka są długotrwałe okresy, w których dni mroźne i bardzo mroźne występowały bez przerw [6].

Druga połowa stycznia 2006 roku w Polsce cechowała się nadzwyczaj niskimi wartościami temperatury powietrza – najniższa temperatura wystąpiła wówczas 23 stycznia w Sulejowie: –32,1°C. Fala mrozów, jaka nawiedziła nasz

kraj w dniach 20–28 stycznia, była rezultatem adwekcji bardzo mroźnego powietrza arktycznego, związanego z potężnym wyżem znad wschodniej Europy. Mogłoby się wydawać, że atak mrozu wywołał klęskę żywiolową. Tymczasem temperatury poniżej –20°C nie są w naszej strefie klimatycznej niczym niezwykłym – to raczej ostatnie lata XX wieku z łagodnymi zimami były wyjątkowe.

Tak silne mrozy całkowicie zmieniają tryb życia ludzi. Długotrwałe przebywanie w niskiej temperaturze może spowodować liczne dolegliwości, w skrajnych wypadkach prowadzące nawet do śmierci. W wyniku fali wyjątkowego chłodu w trzeciej dekadzie stycznia zmarzło kilkadziesiąt osób. Wielu osobom zostały z powodu odmrożenia amputowane kończyny, pojawiły się liczne wypadki zapalenia płuc.

Z powodu bardzo niskiej temperatury powietrza utrudnienia zaznaczyły się w wielu dziedzinach gospodarki: komunikacji, transporcie, budownictwie, energetyce. Niemal problemy mieli rybacy – zamarzały wejścia do wszystkich portów rybackich Zatoki Gdańskiej. Najbardziej dramatyczna sytuacja była w Jastarni i Helu, gdzie kutry spełniały rolę lodołamaczy. W około 1500 szkołach w całym kraju na czas silnych mrozów została zawieszona nauka – do wielu, szczególnie małych wiejskich szkół dzieci nie były w stanie dotrzeć, bowiem nie kursowały autobusy. W innych placówkach nie działało ogrzewanie.

Fale wiosennych przymrozków w naszym kraju są związane z napływem powietrza arktycznego z północnej części Europy. Przymrozki wiosenne są przyczyną mniej lub bardziej poważnych strat w rodzimym sadownictwie i ogrodnictwie.

Sadownicy niemal każdego roku tracą część owoców z powodu majowych przymrozków. W roku 2007 przymrozki okazały się wyjątkowo silne, a do tego wystąpiły wcześniej niż zwykle, co oznacza, że uderzyły w bardziej wrażliwą fazę zawiązywania owoców. Temperatura powietrza przy gruncie w dniach 1–2 maja w wielu rejonach kraju obniżyła się do –10°C, a największe jej spadki wystąpiły na Mazowszu, Dolnym Śląsku i w Małopolsce, czyli tam, gdzie znajdują się ważne w skali kraju regiony sadownicze. Straty okazały się olbrzymie, w sumie przekroczyły bowiem 5 mld złotych. Nie pomogły takie zabiegi, jak zadymianie czy stosowanie specjalnych instalacji antyprzymrozkowych. Najbardziej ucierpiały grusze – zmarzły prawie w stu procentach. Niewiele lepiej było z wiśniami i czereśniami – szkody dotyczyły około 90% drzew (fot. 3.). Kwitnące sadzonki truskawek obmarzły, co spowodowało brak owoców. Stosunkowo najlepiej majowe przymrozki zniosły wówczas porzeczki i maliny.

W Polsce po II wojnie światowej na całym terytorium kraju występowały powodzie o różnym pochodzeniu i różnym



Fot. 3. Przemarznięte pąki kwiatowe wiśni – efekt przymrozków z początku maja 2007 roku
źródło: www.wiadomosci.gazeta.pl

zasięgu. Wśród nich wyróżniono aż 15 powodzi katastrofalnych – regionalnych, które spowodowały ofiary śmiertelne i wielkie szkody społeczne, gospodarcze, ekologiczne i kulturowe [7]. Biorąc pod uwagę zasięg terytorialny, wyróżnia się dwa typy powodzi – regionalne i lokalne.

Regionalne powodzie opadowe występują najczęściej w dorzeczeniach górnej Odry i Wisły, a stosunkowo rzadko na obszarze Pomorza i Mazur. Największy zasięg terytorialny w okresie po 1945 roku w Polsce miała letnia powódź w 1980 roku, kiedy woda zalała tereny o łącznej powierzchni ok. 1,7 mln ha. Największe straty materialne w okresie powojennym, szacowane na 12,5 mld złotych, spowodowała powódź opadowa z lipca 1997 roku.

Katastrofalne powodzie na większych rzekach powodują wprawdzie ogromne szkody społeczno-gospodarcze, ale występują stosunkowo rzadko. Natomiast lokalne powodzie w małych zlewniach występują każdego roku, w wielu regionach kraju; są trudne do przewidywania, ze względu na lokalny charakter zdarzenia, obejmującego swym zasięgiem niewielki obszar, a także gwałtowny przebieg.

W lipcu 1997 roku powódź w dorzeczu Odry osiągnęła katastrofalne rozmiary, przekraczające najbardziej pesymistyczne oceny (fot. 4.). W dorzeczu Wisły była zbliżona do powodzi z lipca 1934 roku, zwanego „rokiem Noego”.

Na początku lipca 1997 roku Polska pozostawała w ciepłym i wilgotnym powietrzu, a nad całą Europą dominowały układy niżowe. Województwa zachodnie i południowo-zachodnie znalazły się w chłodnym powietrzu polarno-morskim, a nad pozostałą część kraju napływało ciepłe i bardzo wilgotne powietrze zwrotnikowe. Na skutek zaistniałej sytuacji meteorologicznej, w lipcu 1997 roku wystąpiły trzy fale opadów: 3–10 lipca, 18–22 lipca oraz 25–26 lipca. Największe sumy opadów zanotowano między 6. a 8. dniem miesiąca [8].

Ocenia się, że przepływy maksymalne były w niektórych miejscach równe przepływowi, jakie statystycznie mogą zdarzyć się z prawdopodobieństwem 0,1% (tzw. woda tysiącletnia). Maksymalne dotychczas zanotowane poziomy wody zostały na górnej Odry przekroczone na odcinku o długości ponad 500 km, licząc od granicy polsko-czeskiej.



Fot. 4. Zalany wodami Odry Wrocław – powódź w lipcu 1997 roku
źródło: www.ziemianarodzaju.pl

Powódź w 1997 roku była wyjątkowa w historii Polski – w dorzeczu górnej Odry fala powodziowa przekroczyła o 2–3 m najwyższe notowane dotąd stany wody. W dorzeczu Wisły powódź miała łagodniejszy przebieg za sprawą niższych sum opadów i mniejszego przyboru wód. Dodatkowo w dorzeczu Odry problemem okazała się zaawansowana regulacja rzek, dokonana często jeszcze w XIX wieku, niedrożność koryt rzecznych, zły stan urządzeń hydrotechnicznych oraz powojenna zabudowa polderów. Wymienione czynniki pogorszyły sytuację, utrudniając przemieszczanie się fali powodziowej.

Powódź poddała surowemu egzaminowi system ochrony – zawiodły informacja i koordynacja, zbagatelizowano zagrożenia. Wielka woda przyniosła śmierć 55 osobom, kilkadziesiąt tysięcy osób znalazło się bez dachu nad głową, tysiące kilometrów dróg, setki mostów, kilometry linii telefonicznych, energetycznych, wodociagowych i kanalizacyjnych zostało całkowicie zniszczonych. System zabezpieczeń przeciwpowodziowych, choć rozbudowywany przez dziesiątki lat, nigdy nie został dokończony – w 1997 roku okazał się dalece niewystarczający dla miast w dolinach górnej Odry i Nysy Kłodzkiej, gdzie straty okazały się najdotkliwsze. Wody wezbranych rzek zalały ok. 580 km² naszego kraju. Ewakuowano 4,3 tys. osób, zatopionych i podtopionych zostało prawie 11 tys. budynków.

Deszcze o bardzo dużej wydajności obejmują zwykle niewielkie obszary i są krótkotrwałe, ale bardzo intensywne. Są przyczyną bardzo groźnych, gdyż niedających ludziom czasu na zabezpieczenie mienia czy ewakuację, powodzi. Opady o dużym natężeniu, rzędu kilkudziesięciu mm w ciągu godziny, bywają często impulsem wywołującym osuwiska i spływy błotne. Intensywny opad deszczu w dniu 15 września 1995 roku był przyczyną lokalnej powodzi w rejonie Miechowa – dodatkowo samoczynnie uruchomiły się osuwiska, które spowodowały znaczne szkody w użytkowanej rolniczo, lessowej zlewni górnej Nidzicy. Najbardziej ucierpiała wieś Kalina Mała. Podobny charakter miała powódź w Makowie Podhalańskim w lipcu 2001 roku, kiedy również opady nawalne przyczyniły się do uruchomienia ruchów masowych i erozji powierzchniowej.

Podczas silnych opadów burzowych na nizinach i w obszarach zurbanizowanych, ze względu na brak odpływu, zagrożenie powodzią może być większe niż w górach. Wówczas na terenach zurbanizowanych kanalizacja nie jest w stanie przyjąć w krótkim czasie dużej ilości wody opadowej.

W latach 70. XX wieku, gdy zurbanizowano, nie licząc się z ochroną środowiska, łatwo dostępne obszary położone na tzw. dolnym tarasie Kanału Raduni w Gdańsku, rozpoczęto budowę domów powyżej, na morenowych wzgórzach. Kiedy górny taras nie był zabudowany, nadwyżkę wody opadowej zatrzymywały wzgórza, nie dopuszczając do dużych wezbrań. Potem proporcje się zmieniły – infiltracja spadła, większość wód opadowych spływa po powierzchni terenu, tymczasem kanalizacja i ciek, które odprowadzają wodę, pozostały niezmienione. Z tego powodu dolny taras Kanału Raduni jest zalewany.

W dniu 9 lipca 2001 roku wały przeciwpowodziowe na Kanału Raduni zostały przerwane. Przyczyną lokalnej powodzi w południowej części Gdańska (fot. 5.) była nawałnica trwająca trzy godziny. Dobowa suma opadów wyniosła około 120 mm, czyli blisko dwukrotnie została przekroczona norma miesięczna. Tego dnia tylko w godzinach 18⁰⁰–20⁰⁰ spadło aż 74 mm deszczu. Ewakuowano ponad 2000 osób. Bardzo szybki przybór wody w rzece zaskoczył cztery osoby – tyle było ofiar śmiertelnych. W zalanej części miasta nie funkcjonowała komunikacja miejska, woda zalała gdański Dworzec Główny, więc ruch kolejowy na trójmiejskiej magistrali kolejowej został sparaliżowany. Żywiol zniszczył całkowicie ponad 600 lokali mieszkalnych. Straty materialne oceniono na 190 mln zł.

Powódź, oprócz ofiar w ludziach i strat w sferze gospodarczej, niesie ze sobą określone skutki również dla środowiska przyrodniczego. Intensywne opady są przyczyną gwałtownego spływu powierzchniowego, poszerzenia nisz źródłiskowych, powstania nowych oraz ożywienia starych osuwisk, zwłaszcza zwietrzelinowych, na stokach. Katastrofalne wezbrania mogą powodować m.in.: poszerzenie



Fot. 5. Powódź w Oruni, dzielnicy Gdańska, lipiec 2001 roku

źródło: www.imgw.pl

koryt rzecznych przez erozję boczną wody płynącej, co skutkuje masowymi osunięciami zboczy dolinnych, poszerzenie meandrów i zakoli, usypywanie potężnych stożków napływowych zbudowanych z różnofrakcyjnego materiału, poważne uszkodzenia drzewostanów w obrębie doliny, poprzez wyrwanie drzew z korzeniami, połamanie, zsuniecie do rzeki wraz z pakietami podłoża [9].

Wiosenne roztopy, przy dużych zapasach wody w pokrywie śnieżnej, mogą stanowić poważne zagrożenie powodziowe na rzekach Polski. Wezbrania roztopowe największe rozmiary osiągają w zlewniach nizinnych, gdy po wzroście temperatury powyżej 0°C następuje ciągle uwalnianie zasobów wodnych zgromadzonych w pokrywie śnieżnej, ich spływ po często zamrożonym gruncie do koryt rzecznych, co w efekcie powoduje znaczne przepływy kulminacyjne [10]. Jednak z punktu widzenia gospodarki wodnej, wiosenne roztopy mają ogromne znaczenie w aspekcie pozytywnym – w ich wyniku podnosi się poziom wód podziemnych, następuje uzupełnienie zasobów wody w zlewni. Przy braku odpowiedniej ilości wody zmagazynowanej w pokrywie śnieżnej należy się liczyć ze znacznymi deficytami wody w stosunku do potrzeb, które będą się pogłębiać, jeśli dodatkowo w miesiącach wiosennych nie będzie znaczących opadów.

Intensywne opady śniegu nie stanowią bezpośredniego zagrożenia, jeśli chodzi o możliwość wystąpienia powodzi, gdyż woda jest czasowo retencjonowana w pokrywie śnieżnej w okresie zimy. Jednak nagromadzenie dużych ilości śniegu może okazać się niebezpieczne w niektórych dziedzinach gospodarki człowieka, np. w transporcie i komunikacji – wiatr jest czynnikiem tworzącym zaspę, a intensywnie padający śnieg ogranicza widzialność na drogach. W leśnictwie śnieg wyrządza szkody w drzewostanach, gdyż gałęzie wyginają się lub łamią pod jego ciężarem, a w budownictwie sprawia, że odkształcają się dachy, pękają ściany, a w skrajnych wypadkach dochodzi do zawa-

lenia się konstrukcji budynków. Jednak zdaniem Twardosza [11] silne opady śniegu (310 mm) pojawiają się u nas rzadko, a ocieplenie ostatnich dekad XX wieku nie wpłynęło w istotny sposób na zmianę liczby dni z silnym opadem śniegu.

Zalegająca na dachu około półmetrowa warstwa śniegu i lodu w powiązaniu z błędami konstrukcyjnymi budynku była przyczyną największej w ostatnim dziesięcioleciu katastrofy budowlanej w naszym kraju – 28 stycznia 2006 roku, podczas trwania wystawy gołębi pocztowych, zawalił się dach hali Międzynarodowych Targów Katowickich w Katowicach. W czasie katastrofy w budynku znajdowało się około 700 osób, zwiedzających i wystawców. Zginęło 65 osób, a ponad 170 zostało rannych. Tragedia była bezpośrednim powodem nowelizacji prawa budowlanego w marcu 2007 roku. Nowelizacja przewiduje, że budynki o powierzchni zabudowy przekraczającej 2 tys. m² oraz inne obiekty o powierzchni dachu większej niż 1 tys. m² mają być kontrolowane dwukrotnie w ciągu roku, przed i po okresie zimowym.

Wynikiem ubocznym gospodarczej działalności człowieka jest podwyższenie koncentracji niebezpiecznych substancji w powietrzu, wodzie, glebie. Kiedy mowa o problemach ekologicznych, z reguły ma się na myśli antropogeniczne zanieczyszczenie biosfery szkodliwymi związkami chemicznymi, np. związanymi z produkcją energii w elektrowniach opalanych węglem kamiennym bądź brunatnym. To, czy dana substancja ma rzeczywiście toksyczne działanie, zależy nie tylko od jej właściwości chemicznych, lecz także w znacznym stopniu od jej stężenia [12].

Kwaśne deszcze są związane z wymywaniem zanieczyszczeń z powietrza. Ich głównym składnikiem są kwasy – siarkowy i azotowy, niebezpieczne zarówno dla środowiska przyrodniczego jak i dla człowieka. Do jednych z bardziej wrażliwych na kwaśne opady drzew należą świerk pospolity oraz sosna zwyczajna. Na ogół drzewa liściaste wykazują większą odporność na działanie kwaśnych deszczów z dwóch powodów: liście mają mniejszą powierzchnię wchłaniania substancji toksycznych, a ponadto są okresowo zrzucane, w związku z czym narażenie drzew na działanie zanieczyszczeń jest krótsze.

Kwaśna depozycja dwójako oddziałuje na drzewa. Po pierwsze – dochodzi do uszkodzenia liści lub igieł przez naruszenie ochronnej warstwy wosku lub przez niszczenie szperek oddechowych. Zaburzany jest w ten sposób proces transpiracji, powstają zakłócenia systemu odżywiania oraz bilansu wodnego. Po drugie: wskutek zakwaszenia gleby dochodzi do zakłócenia procesów fizjologicznych, spada odporność flory leśnej na działanie suszy czy mrozu, rośliny są bardziej podatne na choroby i inwazje szkodników.

Zniszczenia, jakie zostały dokonane w polskich lasach za sprawą kwaśnych opadów można obserwować w Górach



Fot. 6. Zniszczone na skutek kwaśnych opadów lasy w Górach Izerskich, lato 2007 roku

źródło: www.dolnyaslask.naszemiasto.pl

Izerskich (fot. 6.) – zachodniej części Sudetów, znajdującej się na drodze wilgotnych, zanieczyszczonych przez uboczne produkty przemysłu ciężkiego, mas powietrza z zachodu. Pomiary przeprowadzone przez IMGW w latach 80. XX wieku wykazały, że najsilniej zakwaszone opady występują w wyższych partiach gór. Istotny jest tu także udział „efektu brzegowego” w depozycji zanieczyszczeń pochodzących z powietrza. Polega on na tym, że najbardziej intensywny opad kropel mgły w górach ma miejsce na obrzeżach lasu – wiąże się to z większą niż we wnętrzu lasu prędkością wiatru i wodnością mgły.

Opady gradu pojawiają się zwykle w cieplej porze roku i są związane z silnie rozbudowanymi pionowo chmurami z rodzaju *Cumulonimbus*. Najczęściej występują w maju i w czerwcu (średnio około 50% przypadków w roku). Gradobicie może spowodować znaczące straty w sadownictwie, niszcząc owoce lub całe gałęzie drzew oraz w uprawach, głównie zbóż, roślin okopowych i tytoniu.

Na obszarze Polski wyróżnia się około 20 szlaków gradowych, czyli stref, w których szczególnie często występują opady gradu. Przebiegają one przez Wyżynę Małopolską, Wyżynę Lubelską, Pogórze Karpackie, Przedgórze Sudeckie oraz Pojezierze Kaszubskie.

Zdaniem Koźmińskiego, na występowanie i częstość opadów gradu oraz na wielkość gradzin i szkód w uprawach ma wpływ ukształtowanie oraz ekspozycja terenu w stosunku do kierunków, skąd najczęściej przemieszczają się chmury i burze gradowe. Na obszarze Wyżyny Małopolskiej występują charakterystyczne „strefy zaciszy gradowych”, rozmieszczone przeważnie po północno-wschodniej i wschodniej stronie większych wzniesień, dolin rzecznych oraz większych obszarów leśnych [13].

Potężne gradobicie w dniu 19 maja 2008 roku przeszło przez trzy miejscowości w gminie Oleszyce w województwie podkarpackim (fot. 7.). We wsi Stare Oleszyce straty

w rolnictwie były największe, zostało zniszczonych 50% upraw, zwłaszcza rzepaku, zbóż, ziemniaków, buraków. Jeszcze dzień po nawałnicy na poboczach dróg nadal zalegały lodowe kule. To one właśnie niczym pociski rozbijały szyby, przebijały pokryte eternitem dachy domów. W całej gminie ucierpiało około 330 gospodarstw, a zniszczonych zostało ponad tysiąc hektarów upraw.



Fot. 7. Skutki gradobicia. Stare Sioło koło Lubaczowa. 19 maja 2008 roku

źródło: www.polskalokalna.pl

Niebezpiecznym osadem atmosferycznym, szczególnie w dziedzinie transportu i komunikacji, związanym z deszczem lub mżawką, padającymi na wychłodzone podłoże o temperaturze poniżej 0°C, jest gołoledź. Występuje w chłodnej porze roku, najczęściej od listopada do marca. Wypadki samochodowe podczas gołoledzi zdarzają się aż czterokrotnie częściej niż na mokrej nawierzchni oraz dwukrotnie częściej niż na zaśnieżonych jezdniach. Wahań temperatury powietrza bliskie 0°C oraz nocne i poranne przymrozki sprzyjają powstawaniu cienkiej i niewidocznej warstwy lodu, która może stanowić śmiertelne niebezpieczeństwo dla kierowców.

Gołoledź sprawia problemy nie tylko kierowcom – jest uciążliwa i niebezpieczna także dla pieszych, gdyż utrudnia poruszanie się. Bywa przyczyną groźnych złamań kości, zwichnięć stawów, stłuczeń.

Błyskawica to silne wyładowanie elektryczne w atmosferze, najczęściej towarzyszące burzy. Może być zjawiskiem niebezpiecznym dla zdrowia i życia człowieka, szczególnie w górach, powyżej górnej granicy lasu, w odsłoniętym terenie. Ważne, by w czasie burzy przestrzegać kilku podstawowych zasad, m.in.: odizolować się od powierzchni gruntu, np. usiąść na plecaku, wyrzucić metalowe przedmioty, pozostać w pozycji skulonej, nie należy szukać schronienia pod drzewami ani w pobliżu zbiorników wodnych.

Porażenie piorunem powoduje liczne obrażenia, wśród których należy wymienić: zatrzymanie akcji serca i odde-

chu, utratę przytomności, oparzenia różnej wielkości i głębokości, skurcze mięśni, a także charakterystyczne figury piorunowe na skórze o rysunku rozgałęzionego drzewa, określające drogę wędrowki pioruna przez ciało osoby poszkodowanej. Choć często słyszy się o śmierci wskutek porażenia piorunem, od spotkania z błyskawicą ginie około 10% osób.

Piorun może wywołać pożar. Uderzenia rozrywają lub uszkadzają pnie drzew i betonowe mury, przepalają cienkie druty, wywołują uszkodzenia instalacji elektrycznych, telefonicznych i innych zbudowanych z metalowych przewodów, niszczą urządzenia elektryczne. Temperatura w kanale przewodzenia pioruna sięga 30 000K, dlatego krzemionka zawarta w glebie w miejscu uderzenia topi się, tworząc szkło.

W górach, a właściwie w ich partiach szczytowych, dni z wiatrem silnym występują najczęściej. Jest to zrozumiałe, gdyż wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza powietrze ma mniejszą gęstość, maleje tarcie wzajemne cząstek powietrza, a tym samym rośnie prędkość wiatru. Silne wiatry występują często na Wybrzeżu, gdyż nad powierzchnią wodną, ze względu na bardzo małe tarcie, obserwuje się większą prędkość wiatru niż nad lądem, gdzie powietrze trafia na przeszkody terenowe związane z rzeźbą terenu i jego pokryciem [14].

Wiatr halny to wiatr typu fenowego, wiejący w górach – w Polsce: w Karpatach oraz w Sudetach. Jest ciepły, suchy i porywisty, powoduje podwyższenie temperatury i spadek wilgotności powietrza, stwarzając niekorzystne warunki biometeorologiczne, także na przedpolu gór [15]. Efekty fenowe są silnymi bodźcami bioklimatycznymi – w czasie wiatru halnego, na skutek gwałtownych zmian ciśnienia atmosferycznego, następuje zdecydowane nasilenie chorób układu krążenia. Ponadto u meteoropatów, czyli ludzi wrażliwych na nagłe zmiany warunków pogodowych, obserwuje się bóle i zawroty głowy, przyspieszoną czynność serca oraz rozdrażnienie [16]. Wiatr halny zimą ułatwia topnienie pokrywy śnieżnej, przez co może być pośrednią przyczyną istotnych z hydrologicznego punktu widzenia wezbrań na pogórskich rzekach, jesienią przyspiesza dojrzewanie nasion i zbóż. Często prowadzi do znacznych strat w drzewostanie.

Zdaniem Ustrnula, lata 1966–1995 odznaczyły się spadkiem częstości występowania sytuacji z wiatrem halnym po okresie zwiększonej częstości ich pojawiania się w latach 50. i na początku lat 60. XX wieku [17]. W drugiej połowie minionego stulecia wystąpiło w Tatrach i na Podhalu wiele fenów, które odznaczały się wyjątkowo dużą dynamiką, jak np. halny w maju 1968 roku, kiedy prędkość wiatru w porywach osiągnęła na Kasprowym Wierchu 270 km/h.

Jesienią 2004 roku w środowisku przyrodniczym Tatr Słowackich doszło do powstania ogromnych zmian. W dniu

19 listopada w ciągu około trzech godzin całkowitemu zniszczeniu uległ las o powierzchni około 12 tys. ha. Ponadto, w okolicznych lasach na obszarze o podobnej powierzchni drzewa zostały w znacznym stopniu uszkodzone. Władze Słowacji uznały to zdarzenie za ekologiczną katastrofę stulecia w tym rejonie.

Jedną z głównych przyczyn powstania ogromnych strat w drzewostanie (zdarzenie zostało nazwane jako „*Vel'ka kalamita*”) był wiatr o sile orkanu, spowodowany dużym poziomym gradientem barycznym w związku z regionalnym ośrodkiem niskiego ciśnienia, który utworzył się na pograniczu Niemiec i Czech. Największą prędkość wiatru zanotowano na wysokości górnej granicy lasu (1480 m n.p.m.), 230 km/h [18].

Zmiany powstałe w środowisku geograficznym południowych stoków Tatr są ogromne, dotyczą zarówno środowiska przyrodniczego, jak również wielu dziedzin gospodarki człowieka w tym regionie (fot. 8.). Najwyraźniejszą zmianą jest powstanie wiatrołomu na dużej powierzchni – odnowa lasu potrwa co najmniej kilkadziesiąt lat. Kataklizm zmienił warunki życia dzikich zwierząt, zamieszkujących obszar „wielkiej kalamity”. Wiele z nich zginęło, a te, które przeżyły, pozostały bez schronienia przed zimą. Należy oczekiwać, iż wzrośnie populacja różnych gatunków szkodników drzew, głównie kornika drukarza, co może zagrażać osłabionym drzewom, które przetrwały katastrofę. Na omawianym obszarze zniszczeniu uległo wiele domów, uszkodzone zostały zabudowania przemysłowe, obiekty turystyczne, drogi, kolejka elektryczna, szlaki turystyczne. Zdecydowanemu pogorszeniu uległy walory uzdrowiskowe, rekreacyjne i turystyczne wszystkich miejscowości położonych w granicach, a także w sąsiedztwie wiatrołomu.

Silny wiatr towarzyszący burzy może okazać się czynnikiem wyrządzającym spore szkody materialne. W nocy



Fot. 8. Skutki „Wielkiej kalamity” w Tatrach Słowackich; Las po 19 listopada 2004 roku

źródło: www.odyssei.com.pl

z 24 na 25 sierpnia 2007 roku nad Krakowem przeszła gwałtowna burza. Wiatr osiągał w porywach prędkość 100 km/h, łamał drzewa, które spadały na samochody, blokowały ulice i tory tramwajowe. W centrum miasta, w obrębie samych Plant powalonych zostało 25 drzew (fot. 9). Uszkodzone zostały też dachy budynków, w wielu domach nie było prądu. Wiatr zerwał trakcję tramwajową w kilku miejscach, przez co rano wystąpiły duże problemy komunikacyjne.



Fot. 9. Szkody po burzy na krakowskich Plantach; 25 sierpnia 2007 roku

źródło: www.wikinews.org

Trąba powietrzna to najbardziej niszczycielski wiatr, jaki występuje na Ziemi. Czynnikiem potęgującym zniszczenia jest jej nieprzewidywalność i zbyt krótki czas upływający od ostrzeżenia do nadejścia kataklizmu. Nie wszystkie przyczyny powstawania tornada są poznane – kształtuje się ono z chmury burzowej *Cumulonimbus* frontu chłodnego, gdzie na styku mas powietrza ciepłego i wilgotnego oraz chłodnego i suchego, poruszających się w przeciwnych kierunkach, rozwijają się silne prądy wstępujące.

Trąba powietrzna dokonuje zniszczeń w wąskim pasie od kilku do kilkuset metrów, przebywając zazwyczaj do 10 km w ciągu 10–15 minut. Duża różnica ciśnienia między wnętrzem tornada a jego otoczeniem, przekraczająca nawet 100 hPa, powoduje eksplozje obiektów znajdujących się na jego drodze [19]. Niszczy zabudowania, przenosi samochody ciężarowe, wrywa drzewa z korzeniami, zabija ludzi. Stany Zjednoczone są krajem o największej rocznej liczbie tornad, przeciętnie w ciągu roku jest ich 1200. Innymi regionami świata, w których występują tornada są: niemal cała Europa (z wyjątkiem krańców północnych i południowych), południowa Brazylia, Urugwaj, wschodnia Argentyna, południowa Afryka, wschodnia Azja, Australia i Nowa Zelandia.

Nad Pojezierzem Mazurskim w dniu 4 lipca 2002 roku przeszedł bardzo aktywny front chłodny ze szkwałami i trąbami powietrznymi, który spowodował zniszczenia



Fot. 10. Po przejściu trąby powietrznej – Puszcza Piska; Las po 4 lipca 2002 roku
źródło: www.pisz.home.pl

w drzewostanie na znacznych obszarach puszczy: Piskiej (ok. 12 tys. ha), Kurpiowskiej oraz Boreckiej, a także w mniejszym zakresie na terenie Puszczy Rominckiej i Augustowskiej. Huraganowy wiatr, przekraczający w porwach 170 km/h, spustoszył duże obszary puszczy, powodując w sumie zniszczenie 45,5 tys. ha lasów w szesnastu nadleśnictwach, co jest największą klęską w powojennej historii polskiego leśnictwa (fot. 10.). Szkody w drzewostanie były skoncentrowane w pasie o długości 130 km i szerokości 15 km. Ponadto zostało uszkodzonych około 500 budynków w gminie Pisz oraz około 200 w gminie Orzysz. Wiatr i połamane drzewa uszkodziły linie energetyczne. Zanotowano zniszczenia samochodów, wywrócenia łodzi na jeziorach. Połamane drzewa zatarasowały drogi oraz linie kolejowe. Rannych zostało 13 osób. Lasy dotknięte klęską żywiołową stwarzały wielkie zagrożenie pożarowe z powodu panującej latem 2002 roku suszy. Ryzyko pożaru zwiększał również fakt, że w Puszczy Piskiej dominuje sosna, która jest szczególnie narażona na pożar, ponieważ igliwie tego drzewa zawiera olejki eteryczne mogące zapalić się już w temperaturze 50°C. W sierpniu wilgotność ściółki spadła do 7%. W związku z tym podjęto szereg działań, aby uniknąć większej katastrofy, m.in. wprowadzono zakaz wstępu do zniszczonych lasów i wykonano ponad 100 km pasów przeciwpożarowych.

Późnym popołudniem 15 sierpnia 2008 roku nad Opolszczyzną, w rejonie Strzelec Opolskich, uformowała się najsilniejsza od kilkudziesięciu lat trąba powietrzna na terenie Polski. Cały szereg tornad w ciągu dwóch godzin pokonał dystans około 100 km, przechodząc w sumie przez trzy województwa: opolskie, śląskie i łódzkie. Katakizm łamał drzewa, przewracał kilkunetonowe ciężarówki, zrywał dachy, a nawet burzył ceglane ściany budynków, zranił także kilkanaście osób. Niszczycielska burza, z którą związane było tornado, przesunęła się w rejon Częstochowy, przynosząc po drodze kolejne trąby powietrzne powodujące poważne szkody. Żywiol pochłonął dwie ofiary śmiertelne,

uszkodził lub zniszczył około 800 budynków. Uwzględniając wielkość oraz rodzaj szkód (fot. 11.) ocenia się, że w kilku miejscowościach wystąpiło tornado o sile F3 w skali Fujity. Oznacza to, że wiatr w wirze mógł osiągnąć prędkość około 300 km/h (84 m/s).



Fot. 11. Po przejściu trąby powietrznej – Blachownia, 16 sierpnia 2008 roku
źródło: www.skywarn.de

Bałtyk jest morzem burzliwym, typowa wysokość fali wynosi 5 m, ale w czasie bardzo silnych sztormów osiąga 10 m. W czasie sztormu w rejonie północnego Bałtyku, 23 grudnia 2004 roku, zarejestrowano pojedynczą falę o wysokości prawie 14 m. Bałtyckie sztormy są niebezpieczne dla żeglugi statków, wyrządzają szkody w polskiej strefie brzegowej, przyczyniając się do erozji klifów i niszczenia wydm, powodują straty materialne w portach, a nawet śmierć ludzi. Stanowią niebezpieczeństwo dla budynków położonych w sąsiedztwie linii brzegowej, grożąc ich zniszczeniem. Silny wiatr sztormowy bywa przyczyną powodzi w ujściowych odcinkach rzek, tzw. cofki, kiedy wysoki stan wody we wzburzonym morzu jest przeszkodą dla swobodnego spływu wód rzecznych. W Polsce powodziąmi sztormowymi są zagrożone Żuławy Wiślane, szczególnie w chłodnej porze roku.

Półwysep Helski w najwęższym miejscu ma około 150 m szerokości. Dwie półwyspowe plaże, od strony pełnego morza oraz od strony Zatoki Puckiej, mimo iż leżą tak blisko siebie, są całkiem inne. Duża plaża, narażona na groźne fale Bałtyku, jest stosunkowo szeroka i ma prostą linię brzegową, natomiast plaża sąsiadująca z zatoką jest wąska, o bardzo nieregularnej linii brzegowej, z licznymi zatokami. Wszystkie miejscowości są usytuowane w zatokowej części półwyspu, a od Bałtyku oddziela je pas nadmorskiego lasu i wydm. Półwysep, choć wąski, zapewnia wszystkim miejscowościom i portom ochronę przed wiatrami z kierunków północnych, skąd wieją najsilniejsze jesienne i zimowe sztormy. Obserwuje się tylko 11,5% wiatrów z kierunków południowych, przy czym na ogół słabych i niegroźnych. Jednak na początku grudnia 1999 roku

wystąpił bardzo silny wiatr z kierunku południowego, o prędkości przekraczającej w porywach 150 km/h. Woda z zatoki spiętrzyła się i niszcząc umocnienia brzegowe wdarła się do Helu. W portach Helu i Jastarni, nieosłoniętych dostatecznie od strony południowej, sztorm wyrządził wiele szkód (fot. 12.).



Fot. 12. Powódź spowodowana sztormem – Hel, 4 grudnia 1999 roku

źródło: www.toya.net.pl

W ostatnich latach podczas sztormów na Bałtyku zatoneły trzy duże promy: 14 stycznia 1993 roku – polski „Jan Heweliusz” (zginęło 55 osób), 28 września 1994 roku – estoński „Estonia”, a 1 listopada 2006 roku – szwedzki „MS Finnbirch”.

Silne wiatry są zjawiskiem powodującym nieporównywalnie więcej szkód niż korzyści z punktu widzenia gospodarki, jednak długotrwałe utrzymywanie się pogody bezwietrznej także wywołuje negatywne skutki w wielu dziedzinach działalności człowieka. Cisze atmosferyczne zakłócają, czy wręcz uniemożliwiają produkcję energii elektrycznej w elektrowniach wiatrowych, są również zmorą dla żeglarzy na mazurskich jeziorach. Jednak brak wiatru wpływa przede wszystkim na warunki aerosanitarne, wpływające z kolei na stan zdrowia człowieka. Zdaniem Kowalewskiego [20], długotrwała bezwietrzna pogoda w połączeniu z równowagą stałą w atmosferze, może prowadzić do utrzymywania się przy powierzchni ziemi zanieczyszczonego powietrza – zjawisko takie można zaobserwować głównie w dużych miastach (Warszawa, Kraków) oraz w miejscowościach podgórskich położonych w kotlinach (Zakopane, Kłodzko). W Polsce cisze atmosferyczne najczęściej występują w sierpniu, a najrzadziej w miesiącach zimowych.

Zagrożeniem dla biosfery są również litometeory, czyli cząstki stałe w atmosferze, pochodzenia naturalnego lub antropogenicznego. Dla organizmów żywych szkodliwe działanie wykazują szczególnie pyły, emitowane wskutek działalności przemysłowej, z elektrowni, kopalń odkryw-

kowych, hałd, składowisk, zakładów wapienniczych. Pomimo, iż emisja stanowi główny czynnik decydujący o wystąpieniu zanieczyszczenia, to jego wielkość jest również uzależniona od wielu innych czynników, w tym przede wszystkim od topografii i warunków meteorologicznych, spośród których największe znaczenie ma prędkość i kierunek wiatru.

W ostatnich latach w Polsce są obserwowane znaczne szkody w lasach i w parkach, gdzie w drzewostanach w większych skupiskach rośnie kasztanowiec zwyczajny. Za zniszczenia jest odpowiedzialny szrotówek kasztanowcowiaczek (*Cameraria ohridella*), szkodnik kasztanowców, który nie ma naturalnego wroga i jest gatunkiem motyla po raz pierwszy opisanym w Macedonii w 1985 roku. W Polsce zaobserwowano go później, w 1998 roku. Główną przyczyną jego inwazji w Europie jest przenoszenie motyli oraz liści z larwami przez transport samochodowy. Stwierdzono, że owad zasiedla najpierw kasztanowce rosnące przy arteriach ruchu. Z tych drzew jest przenoszony dalej przez ludzi, zwierzęta, wiatr i samochody na inne drzewa w kraju.

Drzewa opanowane przez szrotówka wydają jesienią nowe kwiaty, które jednak w naszych warunkach klimatycznych nie mają szans na wydanie owoców, co więcej powtórne kwitnienie osłabia drzewa (fot. 13) tak, że zimą są one słabe i często przemarzają. Zdarza się, że już po dwóch latach drzewo umiera. W Polsce szkodnik ten rozwija zwykle od 3 do 4 pokoleń w ciągu roku, od końca kwietnia do września.



Fot. 13. Kasztanowiec zaatakowany przez szrotówka kasztanowcowiaczka

źródło: www.pl.wikipedia.org

Ocieplenie klimatu nie jest obojętne dla rolnictwa i gospodarki leśnej, czyli tych dziedzin działalności człowieka, które pozostają w ścisłej zależności od warunków pogodowych i klimatycznych. Jak wynika z aktualnych scenariuszy klimatycznych dotyczących Polski, w niedalekiej przyszłości należy oczekiwać zmiany użytkowania gruntów i struktury upraw. Drastycznie, nawet czterokrotnie, może zmniejszyć się produkcja ziemiaka, natomiast zbio-

ry zbóż mogą wzrosnąć o około 20%. Ogólna produktywność użytków rolnych będzie wyższa o około 15–18% od aktualnej [21].

Zmiany klimatu mogą spowodować określone, zarówno negatywne jak i pozytywne, skutki w gospodarce leśnej w Polsce. Należy się liczyć ze wzrostem wrażliwości drzewostanów na choroby i szkodniki, zwiększeniem prawdopodobieństwa występowania katastrofalnych pożarów lasu, zmianami składu gatunkowego roślin w ekosystemach leśnych, zmianami naturalnych zasięgów gatunków drzew na terenie kraju. Z drugiej strony las, korzystający ze stymulującego przyrost biomasy „efektu szklarniowego”, może okazać się beneficjentem zmian klimatycznych, poprzez wzrost zapasów drewna w pniu, wzrost tempa przyrostu drzew oraz zaistnienie korzystnych warunków do odnowienia i regeneracji drzewostanów [22].

Podsumowanie i wnioski

W opracowaniu autorzy poruszyli bardzo aktualną kwestię wpływu współczesnego ocieplenia klimatu na różne aspekty życia i działalności człowieka. Niekorzystne, a często katastrofalne zdarzenia i zjawiska pogodowe powodują liczne bezpośrednie i pośrednie zagrożenia, które zapewne zdarzały się zawsze w strefie klimatycznej, w której jest położona Polska. Ogromna zależność współczesnego społeczeństwa od produkcji energii, budownictwa, wydajności upraw rolnych i wszystkich rodzajów komunikowania się potęguje te zagrożenia. Jest zatem wskazaną sprawą, aby zwrócić uwagę na rodzaje pogodowych zjawisk i zdarzeń, których miejsce wystąpienia nie zawsze może być ściśle określone, a których nie sposób uniknąć bez podjęcia środków ochrony. Stwierdzono, iż ok. 90% naturalnych katastrof i klęsk powodowanych jest przez nagłe zaburzenia pogodowe. Zdaniem niektórych klimatologów, w ostatnich dziesiątkach lat obserwuje się nasilenie katastrofalnych zdarzeń. Autorzy wyróżnili zagrożenia związane z niekorzystnymi warunkami termicznymi (np. fale upałów, fale mrozów, fale przymrozków), zagrożenia opadowe, zagrożenia przez gwałtowne burze z wyładowaniami elektrycznymi, wichury i tornada, przez zmiany w biosferze (np. szkodniki zagrażające drzewom) i inne. Sposobem na zapobieganie skutkom działania groźnych zdarzeń i zjawisk pogodowych jest skrupulatna ich obserwacja i rejestracja, a następnie wykorzystanie dostępnych wynalazków technicznych, np. budowa zapór i wałów przeciwpowodziowych, ulepszenie materiałów wykorzystywanych w budownictwie, zmiana struktury upraw rolnych, odpowiednie ostrzeżenia komunikacyjne. Wypowiedzi hydrologów, klimatologów, meteorologów i przyrodników powinny być brane pod uwagę przy projektowaniu urządzeń i budowli ingerujących w środowisko naturalne.

LITERATURA

[1] Komitet Prognoz „Polska 2000 Plus” oraz Polski Komitet Narodowy Międzynarodowego Programu „Zmiany Globalne Geosfery i Biosfery” przy

- Prezydium PAN: Czy Polsce grożą katastrofy klimatyczne? Wyd. Elipsa, Warszawa 2003
- [2] Trepińska J.: Historia uniwersyteckiej stacji meteorologicznej w Krakowie jako przykład ciągłości badań naukowych, [w:] Krzemień K., Trepińska J., Bokwa A., (red.): Rola stacji terenowych w badaniach geograficznych. Wyd. IGI GP UJ, Kraków 2005
- [3] Maciążek A.: Próba klasyfikacji niektórych zdarzeń katastrofalnych dla zastosowań w Państwowej Służbie Hydrologiczno–Meteorologicznej oraz koncepcja ich pozyskiwania i archiwizacji, [w:] Maciejewski M., Ostojski M. (red.): Zagrożenia środowiska naturalnymi zjawiskami ekstremalnymi. Wyd. IMGW, seria Monografie, Warszawa 2006
- [4] Szwed M.: Zmienność czasowa suszy w Wielkopolsce, [w:] Kundzewicz Z., Radziejewski M. (red.): Detekcja zmian klimatu i procesów hydrologicznych. Wyd. Sorus, Poznań 2002
- [5] Mierkiewicz M., Sasim M.: Przyczyny i przebieg suszy 2003, [w:] Bogdanowicz E., Kossowska–Cezak U., Szkutnicki J. (red.): Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne. Wyd. PTGeof.–IMGW, Warszawa 2005
- [6] Piotrowicz K.: Ekstremalne warunki termiczne w Krakowie, [w:] Bogdanowicz E., Kossowska–Cezak U., Szkutnicki J. (red.): Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne. Wyd. PTGeof.–IMGW, Warszawa 2005
- [7] Dobrowolski A., Ostrowski J., Żelaziński J.: Powodzie opadowe w Polsce w latach 1946–2001, [w:] Bogdanowicz E., Kossowska–Cezak U., Szkutnicki J. (red.): Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne. Wyd. PTGeof.–IMGW, Warszawa 2005
- [8] Stachy J., Bogdanowicz E.: Przyczyny i przebieg powodzi w lipcu 1997, [w:] Forum Naukowo–Techniczne, Ustroń k. Wisły, 10–12 września 1997: Powódź 1997. Wyd. IMGW, Warszawa 1997
- [9] German K.: Przyrodnicze skutki katastrofalnych opadów i powodzi 9 lipca 1997 na obszarze Żegociny i okolic, [w:] Forum Naukowo–Techniczne, Ustroń k. Wisły, 10–12 września 1997: Powódź 1997. Wyd. IMGW, Warszawa 1997
- [10] Sasim M., Ceran M.: Wiosenne roztopy – zagrożenie i dobrodziejstwo, [w:] Szkutnicki J., Kossowska–Cezak U., Bogdanowicz E., Ceran M. (red.): Cywilizacja i żywioty. Wyd. PTGeof.–IMGW, Warszawa 2007
- [11] Twardosz R.: Zmienność silnych opadów śniegu w Krakowie (1863–2000), [w:] Bogdanowicz E., Kossowska–Cezak U., Szkutnicki J. (red.): Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne. Wyd. PTGeof.–IMGW, Warszawa 2005
- [12] Schönwiese Ch.: Klimat i człowiek. Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa 1997
- [13] Koźmiński Cz.: Studia nad opadami gradu i wyrządzanymi przez nie szkodami na terenie Wyżyny Małopolskiej. Rozprawy WSR w Szczecinie, Szczecin 1968
- [14] Adamczyk A.: Charakterystyka wiatrów silnych i bardzo silnych w Polsce, Zeszyty IGI PAN 1996
- [15] Trepińska J.: Górskie klimaty. Wyd. IGI GP UJ, Kraków 2002
- [16] Cebulak E., Limanówka D.: Warunki biometeorologiczne na Podhalu podczas występowania wiatru halnego (na podstawie wybranych przypadków z okresu 1998–2002), [w:] Bogdanowicz E., Kossowska–Cezak U., Szkutnicki J. (red.): Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne. Wyd. PTGeof.–IMGW, Warszawa 2005
- [17] Ustrnul Z.: Ekstremalne przypadki wiatrów halnych na obszarze Tatr i Podhala w ostatnim 30-leciu, [w:] Kotarba A. (red.): Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek. Tom I. Nauki o Ziemi. TPN–Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Kraków–Zakopane 1996
- [18] Rojan E.: „Vel’ka kalamita” – przyczyny i skutki huraganu w Tatrach słowackich, [w:] Szkutnicki J., Kossowska–Cezak U., Bogdanowicz E., Ceran M. (red.): Cywilizacja i żywioty. Wyd. PTGeof.–IMGW, Warszawa 2007
- [19] Skublicka L.: Tornada – zróżnicowane zagrożenie w wybranych regionach świata, [w:] Szkutnicki J., Kossowska–Cezak U., Bogdanowicz E., Ceran M. (red.): Cywilizacja i żywioty. Wyd. PTGeof.–IMGW, Warszawa 2007
- [20] Kowalewski K.: Ciszcie atmosferyczne w Polsce, [w:] Bogdanowicz E., Kossowska–Cezak U., Szkutnicki J. (red.): Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne. Wyd. PTGeof.–IMGW, Warszawa 2005
- [21] Górski T., Kuś J.: Wpływ zmian klimatu na rolnictwo, [w:] Polski Komitet Narodowy Międzynarodowego Programu „Zmiany Globalne Geosfery i Biosfery” przy Prezydium PAN: Czy Polsce grożą katastrofy klimatyczne? Wyd. Elipsa, Warszawa 2003
- [22] Rykowski K.: Wpływ zmian klimatycznych na gospodarkę leśną, [w:] Polski Komitet Narodowy Międzynarodowego Programu „Zmiany Globalne Geosfery i Biosfery” przy Prezydium PAN: Czy Polsce grożą katastrofy klimatyczne? Wyd. Elipsa, Warszawa 2003