

Czynniki atmosferyczne i środowiskowe wpływające na zagrożenia, awarie i katastrofy obiektów budowlanych

Prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz, Instytut Techniki Budowlanej, Politechnika Warszawska, mgr inż. Jan Sieczkowski, Instytut Techniki Budowlanej

1. Wprowadzenie

Obserwowane w ostatnich latach zmiany klimatu powodują na terenie Polski występowanie ekstremalnych zjawisk klimatycznych, takich jak fale upałów, deszcze nawalne i związane z nimi podtopienia, a także powodzie. Do zjawisk tych należy również zaliczyć huragany i trąby powietrzne, osuwiska, śniegi i oblodzenia, a także zjawiska parasejsmiczne, erozje i skażenia środowiska, zawilgocenia, drgania, oraz obciążenia dynamiczne. Skutki zmian klimatu szczególnie odczuwalne są w dużych miastach (powyżej 100 tys. mieszkańców), co wynika z koncentracji ludności, zabudowy jak i infrastruktury.

Krótkotrwałe, intensywne deszcze nawalne powodują w miastach problemy z ich natychmiastowym odbiorem i zagospodarowaniem wody deszczowej w budynku lub jego otoczeniu. Jedną z metod może być alternatywne wykorzystanie zgromadzonej wody deszczowej w zbiornikach magazynujących, np. na cele bytowe. Do retencjonowania wód deszczowych mogą także służyć dachy zielone.

W zależności od położenia geograficznego, ukształtowania terenu, intensywności przemysłu i charakteru budowli czynniki atmosferyczne i środowiskowe wpływają w różnym stopniu bezpośrednio lub pośrednio na powstawanie zagrożeń i awarii obiektów budowlanych.

Wpływają one na zmiany:

- wielkości i charakteru obciążeń statycznych konstrukcji, np. pod wpływem nadmiernych zawilgoceń, erozji lub korozji materiałów,
- wielkości i rozkładu obciążeń zmiennych, np. pod wpływem wiatrów, huraganów, trąb powietrznych oraz zmian poziomu wód, osuwisk, pyłów obciążających konstrukcje, śniegu itp.,
- wytrzymałości materiałów pod wpływem wilgoci, temperatury, korozji, wyłężenia itp.,
- modułu sprężystości materiałów pod wpływem temperatury, wilgoci, obciążenia i korozji.

W artykule przedstawiono wpływ nadzwyczajnych zjawisk klimatycznych i środowiskowych na powstawanie zagrożeń, awarii i katastrof obiektów budowlanych w okresie ok. 50 lat [1–4].

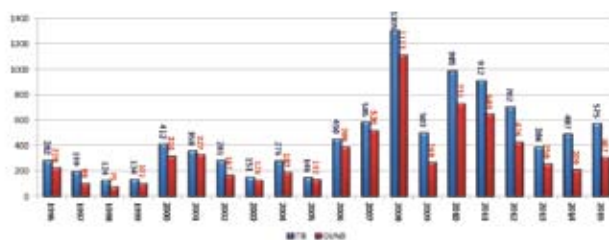
2. Analizy wpływu klimatu i środowiska na powstawanie zagrożeń i awarii budowlanych

Jak wykazały wieloletnie analizy awarii i katastrof [1–7], czynniki atmosferyczne i środowiskowe wpływają w znaczny sposób na powstawanie zagrożeń, awarii i katastrof wszystkich obiektów, tzn.:

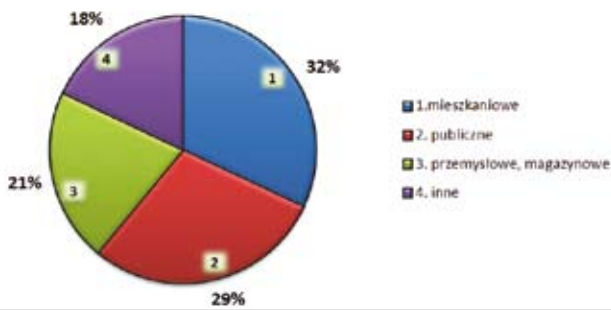
- budynków i budowli:
 - zarówno dużych i wysokich, jak i małych (niskich),
 - z cegły, betonu, stali i drewna,
 - starych i nowych;
- budynków mieszkalnych, przemysłowych, użyteczności publicznej, rolniczych, komunikacyjnych, górniczych i specjalnych;
- wież, zbiorników i silosów,
- budowli infrastruktury i ochrony środowiska,
- budowli masywnych, smukłych i cienkościennych.

Liczbę awarii i katastrof – z podziałem na poszczególne lata – z danych Instytutu Techniki Budowlanej oraz z rejestru katastrof prowadzonym w Głównym Urzędzie Nadzoru Budowlanego (GUNB), a także działalności rzeczoznawców budowlanych pokazano na rysunku 1. Na rysunku tym widoczny jest wyraźny wzrost liczby awarii i katastrof od 2008 r. w porównaniu z latami poprzednimi.

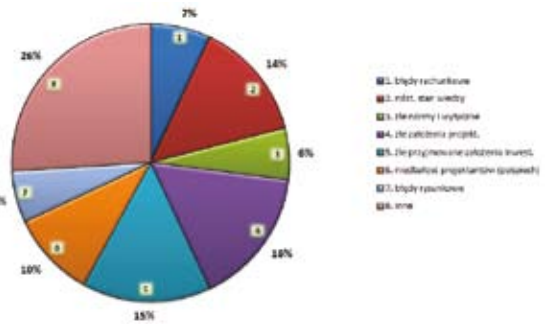
Przyczyn wzrostu liczby awarii i katastrof można upatrywać w tym, że w ostatnich latach miały miejsca liczne nadzwyczajne zjawiska atmosferyczne i środowiskowe. Spowodowały one zawalenia szczególnie wyeksploatowanych, zużytych, często nieużytkowanych i porzuconych obiektów budowlanych lub ich fragmentów.



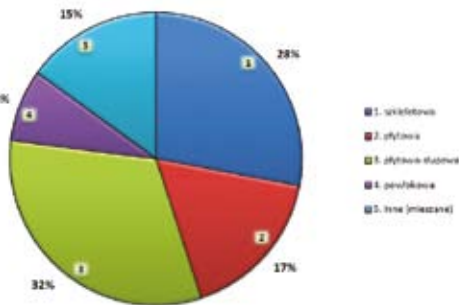
Rys. 1. Liczba awarii i katastrof budowlanych w Polsce w latach 1996–2015



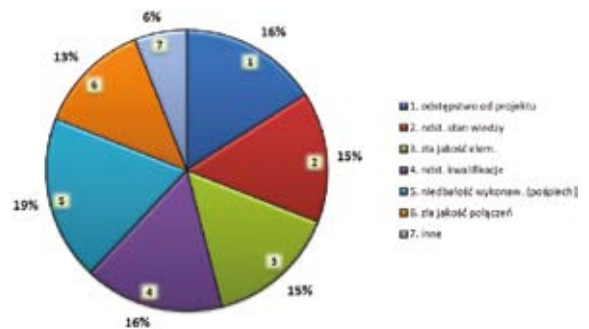
Rys. 2. Udział procentowy zagrożeń, awarii i katastrof w ostatnich 50 latach z uwzględnieniem czynników atmosferycznych i środowiskowych według podziału na rodzaje budownictwa



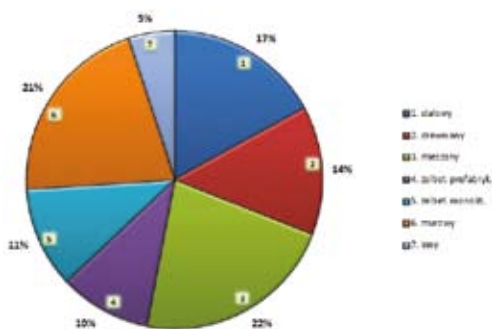
Rys. 5. Przyczyny projektowe występowania zagrożeń, awarii i katastrof w ostatnich 50 latach z uwzględnieniem czynników atmosferycznych i środowiskowych



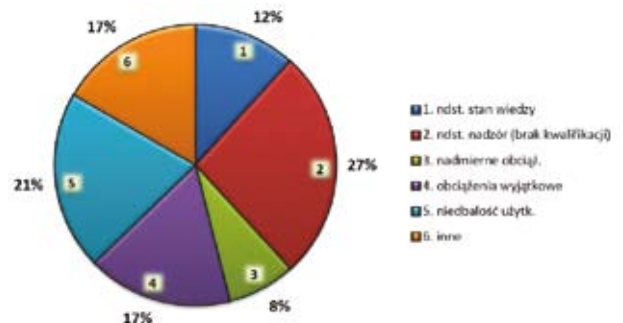
Rys. 3. Udział procentowy powstałych zagrożeń, awarii i katastrof w ostatnich 50 latach z uwzględnieniem czynników atmosferycznych i środowiskowych według podziału na typy konstrukcji budowlanych



Rys. 6. Przyczyny złego wykonawstwa na powstanie zagrożeń, awarii i katastrof w ostatnich 50 latach z uwzględnieniem czynników atmosferycznych i środowiskowych



Rys. 4. Udział procentowy powstałych zagrożeń, awarii i katastrof w ostatnich 50 latach z uwzględnieniem czynników atmosferycznych i środowiskowych według podziału na technologie wykonanego obiektu



Rys. 7. Przyczyny złej eksploatacji, wpływające na powstanie zagrożeń, awarii i katastrof w ostatnich 50 latach z uwzględnieniem czynników atmosferycznych i środowiskowych

Czynniki atmosferyczne i środowiskowe wpływają bezpośrednio lub pośrednio na powstawanie zagrożeń, awarii lub katastrof budowlanych. Bywają one jedyną lub jedną z wielu przyczyn ich powstawania.

Jak wykazały wieloletnie analizy, przyczynami sprzyjającymi powstawaniu zagrożeń, awarii lub katastrof budowlanych były zarówno różne błędy ludzkie, jak i zjawiska środowiskowe, w liczbie od jednego do dziesięciu dla określonego obiektu.

Generalnie, przyczynami wpływającymi na powstawanie zagrożeń, awarii lub katastrof były błędy procesu projektowego, inwestycyjnego i eksploatacyjnego oraz obciążenia

i zniszczenia spowodowane wpływami atmosferycznymi i środowiskowymi.

Analizy zagrożeń, awarii i katastrof budowlanych, które wystąpiły w Polsce w latach 1962–2015 były przeprowadzane w podziale na rodzaje budownictwa, rodzaje konstrukcji i materiałów, charakter zniszczenia oraz ze względu na przyczyny, błędy, wady i nadzwyczajne obciążenia lub wpływy czynników atmosferycznych i środowiskowych.

Udział procentowy powstałych zagrożeń, awarii i katastrof z uwzględnieniem czynników atmosferycznych i środowiskowych według podziału na rodzaje budownictwa pokazano na rysunku 2.

Udział procentowy powstałych zagrożeń, awarii i katastrof budowlanych według podziału na typ konstrukcji obiektu pokazano na rysunku 3.

Udział procentowy powstałych zagrożeń, awarii i katastrof z uwzględnieniem czynników atmosferycznych i środowiskowych według podziału na technologie wykonania obiektu pokazano na rysunku 4.

Udziały procentowe przyczyn powstania zagrożeń, awarii i katastrof wynikłych z błędów projektowania, wykonawstwa i eksploatacji oraz czynników atmosferycznych i środowiskowych pokazano na rysunkach 5, 6 i 7.

We wszystkich wymienionych podziałach, wśród przyczyn wywołujących zagrożenia, awarie i katastrofy budowlane w dość dużym stopniu występują wpływy atmosferyczne i środowiskowe.

W świecie do najczęstszych destrukcyjnych wpływów atmosferycznych i środowiskowych według [2] zaliczane były trzęsienia ziemi, powódzie, wiatry huraganowe, opady, wybuchy wulkanów, osuwiska podłoża, a także wpływy środowiska technologicznego.

W Polsce w ostatnim dwudziestoleciu na pierwszym miejscu występowały powódzie, opady, wiatry huraganowe, a także czynniki wtórne, takie jak szkody górnicze oraz szkody środowiska przemysłowego oraz działań dynamicznych.

Szczególnie w ostatnim okresie zwiększyła się intensywność powodzi i huraganów oraz czynników wtórnych wynikających z tych działań (np. trąb powietrznych).

Zakres i waga tych wpływów zarówno w świecie, jak i w Polsce jest zmienna w poszczególnych latach i wynosi często ponad 50% wszystkich zagrożeń, awarii i katastrof budowlanych. Coraz większy udział wśród wpływów atmosferycznych i środowiskowych mają działania pośrednie wynikające z erozji, korozji, drgań, wilgoci, zmian temperatury oraz innych chemicznych czynników „naturalnych” lub przemysłowych.

Wiarygodne i dokładniejsze oszacowanie strat wynikłych z występowania zagrożeń, awarii i katastrof budowlanych spowodowanych wpływami atmosferycznymi i środowiskowymi jest bardzo trudna z różnych powodów organizacyjnych, technicznych i ekonomicznych. Często bowiem waga takich zagrożeń, awarii i katastrof nie jest związana z liczbą strat w ludziach lub stratami materialnymi (ubezpieczeniowymi), lecz kosztami odbudowy.

W Polsce zagrożenia, awarie i katastrofy spowodowane wpływami atmosferycznymi i środowiskowymi (bezpośrednio lub pośrednio) szacuje się od 5 do 80% w zależności od roku i rodzaju awarii lub katastrofy.

Do najważniejszych obciążeń atmosferycznych i środowiskowych w Polsce w ostatnich 30 latach należą:

- obciążenia śniegiem (dachy),
- obciążenia wiatrem (huragany, trąby powietrzne – budynki, kominy, chłodnie itp.),
- temperatura (mróz, upał),
- woda (ulewne deszcze, wylewy rzek, degradacje gruntów, osuwiska, erozje, korozje),

- susze (drzewa, osiadania gruntu itp.),
- obciążenie dynamiczne od działalności produkcyjnej.

W ostatnich latach zarówno w Polsce, jak i na całym świecie zwiększyło się zagrożenie budowli pod wpływem często występujących huraganów i ulewnych deszczów (powodzie).

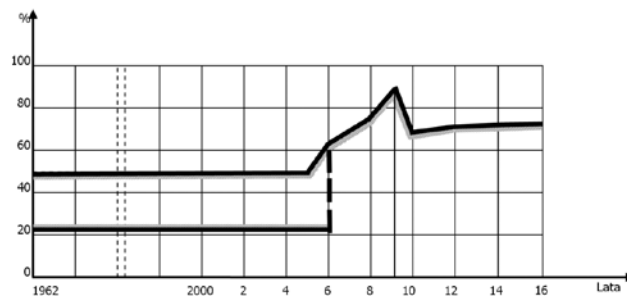
W Polsce szacuje się, że liczba zagrożeń, zniszczeń, awarii i katastrof w ostatnich latach wynikłych z powodu huraganów i ulewnych deszczów przekracza 60% wszystkich zagrożeń, awarii i katastrof. W ostatnim trzydziestoleciu wystąpiły setki takich zagrożeń, awarii i katastrof, mniejszych lub większych. Nie wszystkie są notowane i znane.



Rys. 8. Zniszczenia po przejściu wiatrów huraganowych (źródło: internet)



Rys. 9. Zniszczenia spowodowane osuwiskiem podłoża (źródło: internet)



Rys. 10. Szacunkowa ocena globalnych wpływów środowiska na powstawanie zagrożeń, awarii i katastrof budowlanych w Polsce w latach 1962–201

Jak pokazano na rysunku 10, wpływy środowiska na powstawanie zagrożeń, awarii i katastrof w Polsce od 1962 r. do 2006 r. szacowano od 20 do 45%. Po roku 2006 r. wpływy te mają tendencję wzrostową poczynając od średnio 70% w 2006 r., a osiągając maksimum (85%) w roku 2009.

3. Przykłady zagrożeń i awarii spowodowanych wpływami atmosferycznymi i środowiskowymi

Jak już stwierdzono, zagrożenia, awarie i katastrofy budowlane spowodowane wpływami atmosferycznymi i środowiskowymi dotyczą wszystkich rodzajów obiektów budowlanych. Jednym z bardziej dotkliwych i ważnych awarii i katastrof spowodowanych tymi wpływami były katastrofy masztów radiowo-telewizyjnych, telekomunikacyjnych i energetycznych. Wobec rozwoju tego typu konstrukcji straty spowodowane ich awariami i katastrofami od wpływów atmosferycznych i środowiskowych są coraz większe.

Niepełna informacja światowa o katastrofach masztów i wież wywołanych wpływami atmosferycznymi i środowiskowymi wskazuje na bardzo duże szkody i znaczenie gospodarcze tego problemu. Przykładowo wśród ważniejszych katastrof masztów i wież, które wystąpiły od 1975 roku, można wymienić:

- maszty w USA o wysokości od 100 do 600 m, w liczbie ok. 50 sztuk – zniszczone wskutek wiatrów, oblodzeń, silnych sztormów, huraganów, wiatrów z oblodzeniem itp.,
- maszty i wieże o wysokości od 80 do 300 w Czechosłowacji, Niemczech, Szwecji, Belgii, Polsce, Islandii i Rosji w liczbie kilkudziesięciu sztuk wywołane wiatrami, oblodzeniami, huraganami, silnymi sztormami itp.

Wśród przyczyn wywołujących zagrożenia, awarie i katastrofy masztów oraz wież znajdują się nadmierne, niespodziewane obciążenia lub niekorzystne kombinacje obciążeń, a także zjawiska aerodynamiczne, które występują na 4 i 5 miejscu po błędach:

- projektowych konstrukcji (schematy, materiały, warsztatowe),
- montażu,
- podczas remontu i w czasie eksploatacji.

Często nieduże błędy występujące w kombinacji z niekorzystnymi zjawiskami i oddziaływaniami atmosferycznymi i środowiskowymi przyczyniają się do powstawania groźnych awarii lub katastrof.

Szacunkowe oceny awarii masztów, wież i konstrukcji wsporczych wskazują, że udział niekorzystnych obciążeń (silne wiatry, zjawiska aerodynamiczne, lody, sadz i wysadziny) miały różny udział w ogólnej liczbie awarii i katastrof tych konstrukcji. W ostatnim 50-leciu, udział ten szacunkowo ocenia się od 20 do 60%. Natomiast według [1] wśród głównych przyczyn powstawania katastrof i awarii masztów nadmierne obciążenia występowały w ponad 20% przypadków, a drgania aerodynamiczne w ok. 30%.

Do najbardziej typowych i powtarzających się zagrożeń i awarii spowodowanych m.in. oddziaływaniami atmosferycznymi i środowiskowymi, można zaliczyć:

- **kominy stalowe o wysokości do 100 m** – duże wiatry, złe odciąg, korozje połączeń, drgania konstrukcji,
- **dachy przemysłowe i magazynowe** – duże śniegi, obciążenia stałe, błędy konstrukcyjne, pyły itp.,
- **budynki mieszkalne** – ulewne deszcze, duże wiatry, złe izolacje, erozje fundamentów, korozje elementów, a także osunięcia i osiadania podłoża,
- **budynki gospodarcze na wsi** – duże śniegi, wiatry i ulewy, korozje elementów, erozje fundamentów, złe konserwacje,
- **sale gimnastyczne** – ulewne deszcze, osuwiska podłoża, erozje elementów,
- **piływalnie** – ulewne deszcze, osuwiska podłoża, erozje podłoża,
- **magazyny** – duże wiatry, błędy konstrukcyjne ścian osłonowych,
- **szklarnie i pieczarkarnie** – duże śniegi i wiatry, błędy konstrukcyjne,
- **silosy, chłodnie** – duże deszcze i wiatry, osiadania gruntów,
- **dachy z blachy falistej** – duże śniegi, błędy konstrukcyjne,
- **kopuły (30 m)** – duże śniegi,
- **hale przemysłowe** – silne wiatry > 26 m/s, lody, pyły, różnice temperatur, braki dylatacji,
- **kominy murowane i żelbetowe do wysokości 100 m** – silne wiatry, wybuchy, osunięcia podłoża, korozje,
- **dachy stalowe** – duże śniegi, do 100 daN/m², błędy montażowe, lody,
- **dachy drewniane** – duże śniegi do 100 daN/m², błędy montażowe, lody,
- **mury oporowe** – duże deszcze, słabe grunty, błędy konstrukcyjne, korozje,
- **przyczółki mostowe** – duże deszcze, osiadania podłoża,
- **akustyczne ekrany komunikacyjne** – korozje elementów, złe posadowienia,
- **linie energetyczne** – duże śniegi i wiatry, lody, błędy konstrukcyjne,
- **osuwanie zboczy** – Warszawa, Płock, południowa Polska,
- **destrukcje zapór** – duże deszcze, osuwiska podłoża korozje zapór,
- **uwarstwione i słabe podłoża (osuszanie, osiadanie)** – budynki zabytkowe, wieże, silosy, hale sportowe, chłodnie, zbiorniki, domy, kominy.

Natomiast do najczęstszych konstrukcji ulegających awariom i katastrofom wskutek erozji podłoża należy zaliczyć:

- mury oporowe, rurociągi i elementy budownictwa komunikacyjnego – przez nieodpowiednie posadowienia, odwodnienia i współpracę konstrukcji z podłożem,
- mosty, filary i przyczółki – przez wypłukiwanie podłoża, osuwiska podłoża i niszczenia struktur budowlanych,
- estakady, przyczółki, nabrzeża – przez złe posadowienia i niedostateczne sztywności konstrukcji,
- falochrony, nabrzeża, doki i inne budowle morskie – przez

niedostateczne posadowienia i zabezpieczenia konstrukcji,

- rozmrażalnie wagonów kolejowych, żwirownie oraz obiekty specjalne pracujące w zmiennych temperaturach ekstremalnych,
- zbiorniki, silosy i bunkry – przez wyflukiwania elementów cieczą, wycierania materiałami sypkimi, a także korozję betonu i stali,
- chłodnie kominowe – przez ciągłe niszczenie wodą, wiatrem i zmiennymi temperaturami,
- kominy murowane, żelbetowe i stalowe,
- podziemne budowle energetyczne jak kanały zbiorcze, komory itp.

Szczególnie niebezpiecznymi czynnikami erozyjnymi wpływającymi na zagrożenia, awarie i katastrofy budowlane są także złe odwodnienia, zaciekania i zamarzania, złą eksploatację przez dopuszczenia do zarysowań i pęknięć oraz niedostateczne zabezpieczenia konstrukcji, złe dylatacje i złe połączenia, a także niska jakość materiałów naprawczych.

Wobec dużej liczby zagrożeń wynikających z częstych (w ostatnim czasie) huraganów i powodzi należy stwierdzić, że najczęstszą przyczyną powstawania zagrożeń, awarii i katastrof budowlanych związanych z erozją, a częściowo korozją jest nieodpowiednie posadowienie budynków i budowli oraz ich zabezpieczenie przed wilgocią.

Przyjęty ustrój konstrukcyjny i względy użytkowe określają podatność układu budynek-fundament-podłoże na przemieszczenia. Im wyższy stopień statycznej niewyznaczalności ustroju konstrukcyjnego, tym bardziej budowla jest wrażliwa na przemieszczenia i zniszczenia w wyniku erozji podłoża i korozji konstrukcji.

Przy posadowieniach należy przewidywać środki zabezpieczające przed:

- rozmaczaniem, wysuszaniem lub przemarzaniem podłoża fundamentów w czasie wykonywania robót budowlanych,
- ześlizgiem lub zasypaniem budowli,
- zalaniem wykopu fundamentowego przez wody gruntowe, powierzchniowe lub opadowe,
- przenikaniem do pomieszczeń podziemnych wód gruntowych lub opadowych spływających powierzchniowo lub infiltrujących w podłoże,
- korozyjnym działaniem wód gruntowych, opadowych i technologicznych na materiały i konstrukcje podziemnych części budowli i na urządzenia podziemne, a także wód technologicznych na grunty podłoża budowlanych.

4. Podsumowanie

Zagrożenia, awarie i katastrofy budowlane wynikające z działania czynników atmosferycznych i środowiskowych występują we wszystkich rodzajach budownictwa, powodując różne uszkodzenia i zniszczenia elementów oraz konstrukcji. Awariom ulegają zarówno konstrukcje duże, jak i małe; masywne i lekkie szkieletowe; stalowe i żelbetowe, murowe lub drewniane; stare i nowe.

Są awarie bardziej i mniej groźne, szkodliwe czy bolesne. Miara tych ocen zarówno w naszym kraju, jak i na świecie – nie jest jednolita, jednoznaczna i porównywalna. Przyczyny występowania awarii i katastrof są bardzo różne. Z powodów zagrożeń atmosferycznych i środowiskowych szybciej następują one przy występujących błędach programowania, projektowania, wykonawstwa, a szczególnie przy użytkowaniu. Zagrożenia atmosferyczne i środowiskowe wpływają na awarie budowli w sposób bezpośredni (duże wiatry, huragany, trąby powietrzne, powodzie lub śniegi) lub pośredni (wilgoć, erozje, osiadania, osuwiska podłoża, korozje, drgania itp.). Jak wykazały analizy – wieloletnie wpływy zagrożeń środowiskowych na awarie jest znaczny i wynosi od 10 do 80% wszystkich zdarzeń. W ostatnich latach jest on coraz większy. Wpływy środowiskowe na awarie można zmniejszyć przez doskonalenie normalizacji, wytycznych projektowania i realizacji, a także wytycznych użytkowaniu. Ważnym czynnikiem w tych zagadnieniach jest szkolenie, kontrola jakości procesów inwestycyjnych oraz eksploatacyjnych, a także szkolenia w zakresie usuwania ich skutków. Wobec często występujących w ostatnim okresie zagrożeń, awarii i katastrof budowlanych, w wyniku powodzi opracowano, m.in. przez Instytut Techniki Budowlanej, zestaw poradników praktycznych do usuwania tych skutków.

Dla powodzi lub podtopień były to:

- ogólne porady praktyczne dla mieszkańców i użytkowników budynków, które uległy zawilgoceniu w wyniku powodzi lub podtopienia,
- instrukcje przeprowadzania ocen stanu technicznego budynku, wykonanych na podstawie oględzin,
- instrukcje na temat ocen technicznych niskich budynków mieszkalnych wykonanych w technologii tradycyjnej (murowanej),
- instrukcje na temat zasad ogólnych remontów i modernizacji obiektów budowlanych po powodzi,
- instrukcje na temat ochrony przed zagrzybieniem mieszkań po powodzi,
- instrukcje dotyczące osuszania budynków dotkniętych powodzią,
- instrukcje na temat zakresu robót naprawczych pomieszczeń zawilgoconych w wyniku powodzi,
- instrukcje na temat ocen i wzmocnień fundamentów budynków zalanych w czasie powodzi,
- instrukcje na temat składowisk doraźnych na materiały popowodziowe.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ciesielski R., O katastrofach i defektach stalowych masztów radio-telewizyjnych. Inżynieria i Budownictwo, 3/92
- [2] Runkiewicz L., Kędra W., Analiza katastrof i awarii konstrukcji budowlanych w latach 1978–1982, Wydawnictwo ITB, Warszawa, 1985
- [3] Runkiewicz L., Raport o awariach i katastrofach konstrukcji budowlanych za lata 1965–1992, Wydawnictwo ITB, Warszawa, 1994
- [4] Raporty roczne o zagrożeniach, awariach i katastrofach, Prace ITB, Biblioteka ITB