

ZESTAW DOBRYCH PRAKTYK W FORMIE STANDARDÓW TECHNOLOGICZNYCH DLA TERENÓW ZAGROŻONYCH POWODZIĄ

Celem opracowania jest przedstawienie dobrych praktyk z zakresu inżynierii budowlanej w formie standardów konstrukcyjno-materiałowych, mogących pomóc ograniczyć negatywne skutki zalania obiektów i terenów budowlanych przez wody powodziowe. Opracowanie stworzono w oparciu o zapisy Dyrektywy Powodziowej oraz implementującą ją do krajowego prawodawstwa ustawy i rozporządzenia, a także dokumenty o charakterze planistycznym, nawiązujące do wdrażania zapisów wymienionych ustaw, w tym wstępnej oceny ryzyka powodziowego¹⁾. Standardy mogą być stosowane do budynków istniejących lub nowobudowanych, znajdujących się na terenach zagrożonych powodzią. Zalecenia mają odniesienie głównie do zabudowy mieszkaniowej na terenach o charakterze nizinnym.

1. Zjawisko powodzi.

Dla obszarów objętych niniejszym opracowaniem głównymi rozważanymi przypadkami powodzi będą:

- wezbranie wody na cieku naturalnym,
- wzrost poziomu wody gruntowej (podtopienie).

Pierwszy z wymienionych przypadków związany może być z wystąpieniem przepływu przewyższającego przepustowość koryta głównego i wydostaniem się wody na przyległe do koryta cieku tereny zalewowe, bądź ze stosunkowo nagłymi zmianami warunków hydraulicznych w korycie rzeki, spowodowanych np. przez zatory śryżowe lub lodowe. Powódź o tym charakterze dotyczy terenów położonych w obrębie tarasów zalewowych cieków naturalnych i wiąże się z czasowym pokryciem terenu wodą.

Podniesienie się poziomu wody gruntowej może być skutkiem wystąpienia długotrwałych opadów i nawilgocenia gruntu lub zwiększonej filtracji wody gruntowej na terenach przyległych np. do okresowo piętrzących wodę wałów przeciwpowodziowych. Zjawisko to może przybrać charakter lokalny, związany z wystąpieniem długotrwałych opadów deszczu lub roztopów wiosennych i nie musi łączyć się z wystąpieniem widocznego pokrycia terenu wodą.

Pozostałe, przytaczane w opracowaniu źródła powodzi związane są ze szczególnymi uwarunkowaniami lokalnymi terenów potencjalnie zagrożonych, bądź z niezawodnością infrastruktury technicznej i należą do nich:

- powódź w wyniku opadu deszczu o dużej intensywności (deszcze nawalne) i przekroczeniu przepustowości urządzeń kanalizacji deszczowej (na terenach zurbanizowanych) lub wystąpieniu znaczącego spływu powierzchniowego, przekroczenia chłonności podłoża i zastoisk wody (na terenach bez urządzeń kanalizacji deszczowej),

1. Włodarczyk A., Kęsy R., Główne założenia metodyk dotyczących opracowania map zagrożenia powodziowego, KZGW, 2010.

- powódź związana z katastrofą obiektów stale lub okresowo piętrzących wodę.

Obszary narażone na niebezpieczeństwo powodzi są definiowane następująco²⁾ (art. 9 ust. 1 pkt. 6b): przez obszary narażone na niebezpieczeństwo powodzi określone we wstępnej ocenie ryzyka powodziowego rozumie się *obszary, na których istnieje znaczące ryzyko powodzi lub jest prawdopodobne wystąpienie znaczącego ryzyka powodzi.*

Wyodrębniono również podgrupę – obszary szczególnego zagrożenia powodzią³⁾ (art. 9 ust. 1 pkt. 6c):

- a) obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest średnie i wynosi raz na 100 lat,*
- b) obszary, na których prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest wysokie i wynosi raz na 10 lat,*
- c) obszary, między linią brzegu a wałem przeciwpowodziowym lub naturalnym wysokim brzegiem, w który wbudowano trasę wału przeciwpowodziowego, a także wyspy i przymuliska, o których mowa w art. 18, stanowiące działki ewidencyjne,*
- d)[...].*

Podane definicje nie uwzględniają obszarów podatnych na powódź od wód gruntowych, które są trudne do wskazania ze względu na lokalny charakter uwarunkowań, w tym geologicznych. Predestynowane obszary podaje *Charakterystyka terenów zagrożonych skutkami zalewania*, stanowiąca załącznik nr... do *Programu* oraz mapy obszarów zagrożonych podtopieniami³⁾.

Wymienione obszary narażone będą na ryzyko powodziowe, ujęte definicją ustawy³⁾ (art. 9 ust. 1 pkt. 13c): przez ryzyko powodziowe rozumie się „*kombinację prawdopodobieństwa wystąpienia powodzi i potencjalnych negatywnych skutków powodzi dla życia i zdrowia ludzi, środowiska, dziedzictwa kulturowego oraz działalności gospodarczej*”.

Stosowanie dedykowanych rozwiązań technicznych przy wznoszeniu lub eksploatacji budynków objętych ryzykiem powodziowym ma na celu sprowadzenie tego ryzyka do poziomu ryzyka akceptowanego przez użytkowników obiektów i tolerowanego przez instytucje wydające zgodę na zabudowę terenów zalewowych. Niektóre z metod, z pogranicza działań technicznych i planistycznych, pozwalają na uniknięcie tych ryzyk.

2. Zagrożenia dla konstrukcji obiektów budowlanych.

Ze względu na bezpieczeństwo i niezawodność konstrukcji obiektu budowlanego ważnym jest wskazanie i klasyfikacja obciążeń konstrukcyjnych wywołanych przez powódź i zjawiska towarzyszące. Do konstrukcyjnych obciążeń dodatkowych (wyjątkowych) działających na obiekt budowlany i związanych z wystąpieniem powodzi, zaliczyć należy:

- wypór hydrostatyczny oraz wypór hydrodynamiczny,
- statyczne parcie poziome wody (związane z głębokością zalewu),
- dynamiczne parcie poziome wody (związane z napływem wody),

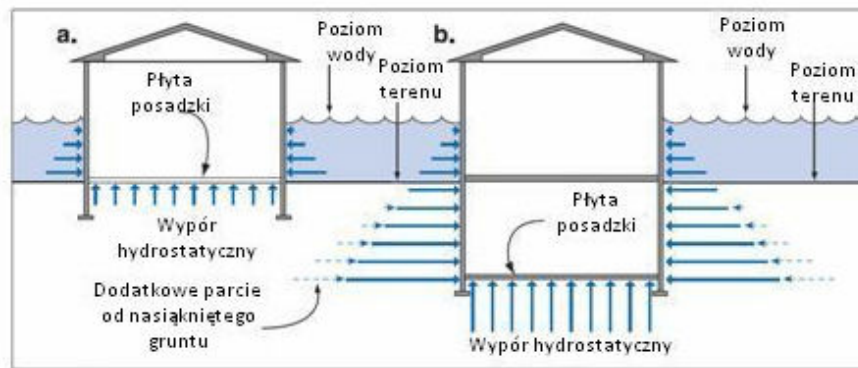
2. ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (Dz. U. 2001 nr 115 poz.1229 z późn. zm.)

3. www.oki.krakow.rzgw.gov.pl

- obciążenia związane z parciem rumowiska lub uderzeniami obiektów unoszonych w masie wody.

Wyszczególnienia wymaga również możliwość pogorszenia warunków posadowienia związana ze zmianami warunków geotechnicznych (gruntowo – wodnych): dodatkowe osiadanie podłoża, przyrost parcia poziomego gruntu, erozja wgłębna podłoża – wytworzenie pustek gruntowych, osuwiska zboczy i skarp, pęcznienie lub przemarzanie gruntów nawodnionych.

Wielkości wymienionych obciążeń dodatkowych uzależnione są w znacznej mierze od wybranych parametrów zjawiska powodzi w miejscu zlokalizowania (posadowienia) obiektu. Obciążenia powinny być określane na etapie lokalizowania obiektu, rozpoznania podłoża gruntowego (wykonanie poszerzonych badań geotechnicznych) oraz projektowania konstrukcji. Czynności te powinny być przeprowadzane przez osoby uprawnione, w oparciu o obowiązujące przepisy i normy techniczne, przy posiłkowaniu się danymi pochodzącymi z przygotowywanych opracowań dotyczących ryzyka powodziowego, np.: mapy terenów zalewowych, mapy podtopień.



Rys. 1. Schemat układu dodatkowych obciążeń w przypadku zalania terenu wokół budynku wodą powodziową⁴⁾.

Oprócz dodatkowych obciążeń konstrukcji zagrożenie stanowi przedostanie się wody do wewnątrz nieprzystosowanego na taką ewentualność budynku, w tym narażenie materiałów budowlanych na długotrwałe oddziaływanie wody czy substancji w wodzie rozpuszczonych.

Odnotowuje się następujące drogi przedostawania się wody powodziowej do budynku:

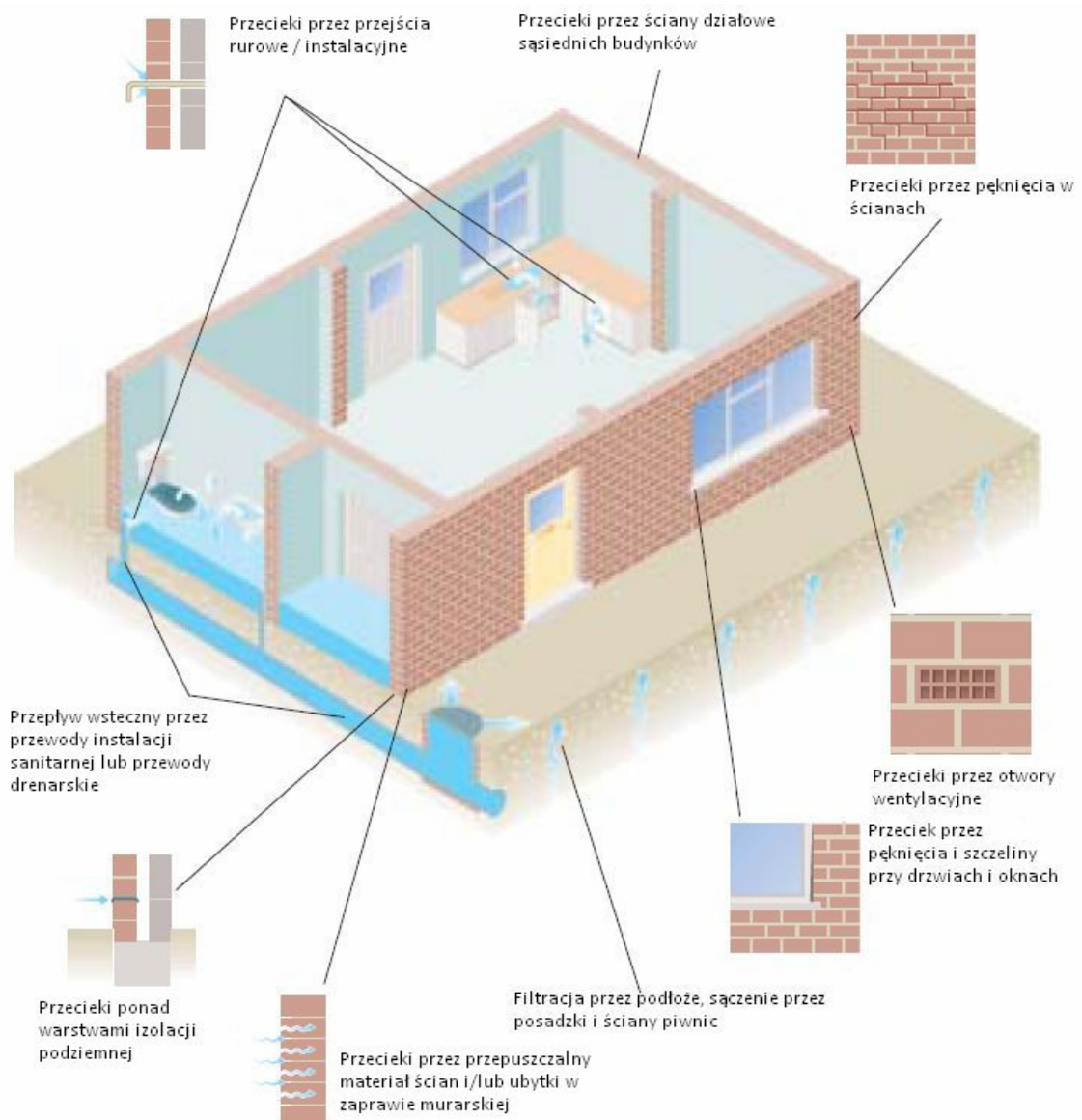
- nieuszczelnione otwory komunikacyjne (drzwiowe, okienne),
- otwory wentylacyjne,
- szczeliny dylatacyjne,
- nieuszczelnione miejsca połączeń / przenikania różnych materiałów budowlanych,
- miejsca przejść przyłączy technicznych (wodociągowych, kanalizacyjnych, elektrycznych, teletechnicznych) przez ściany budynku,
- urządzenia podłączone do grawitacyjnej instalacji kanalizacyjnej, w wyniku wymuszenia odwrotnego przepływu,

4) FEMA, Homeowner's guide to retrofitting. Six ways to protect your home from flooding, FEMA P-312, Second Edition / December 2009.

- niezamierzone nieciągłości w strukturach materiałów budowlanych (spękania, rozwarstwienia, miejsca błędów wykonawczych takich jak np.: ubytki w spoinach murów ceglanych lub kamiennych),
- sączenie przez nasiąkliwe i przewodzące wodę materiały budowlane ścian zewnętrznych, stropów i posadzek.

W powyższym zestawieniu nie uwzględniono przegród budowlanych w zamierzeniu wykonanych z brakiem szczelności – wszelkiego typu przegród ażurowych lub posiadających nieciągłości konstrukcyjne (niektóre typy ścian drewnianych, wentylowane podłogi drewniane).

Schematycznie zobrazowano miejsca przedostawania się wody powodziowej do budynku na rysunku rys. 2.



Rys. 2. Drogi przedostawania się wody powodziowej do wnętrza budynku⁵⁾.

Materiały budowlane poddane długotrwałemu zalaniu wodą powodziową narażone są m. in. na:

- skażenie chemiczne substancjami rozpuszczonymi w wodzie powodziowej,
- skażenie biologiczne wywołane nadmierną wilgotnością (grzyby i pleśnie),
- zmiany wymiarów geometrycznych w wyniku nasiąknięcia wodą (ewentualnie nasiąknięcia i przemarzania),
- obniżenie trwałości i przyspieszone zużycie / starzenie.

5. CIRIA, Flood Products, Using flood protection products -a guide for homeowners, CIRIA, London and Environment Agency, London, 2003.

W tabeli 1 przedstawiono zakres potencjalnych uszkodzeń od wód powodziowych w obrębie budynku.

Tabela 1. Potencjalne uszkodzenia powodziowe w zalanym wodą budynku (za opracowaniem⁶⁾, zmodyfikowane).

Głębokość wody	Zniszczenia w budynku	Uszkodzenia wyposażenia budynku
Poniżej poziomu podłogi w kondygnacji parterowej	<p>Możliwe rozmycia erozyjne w okolicach fundamentów, wywołujące dodatkowe i nierównomierne osiadania podłoża.</p> <p>Możliwa korozja elementów metalowych.</p> <p>Nadmierna absorpcja wilgoci wywołująca wypaczanie się, krzywienie materiałów.</p> <p>Spękania płyt podłogowych wywołane oddziaływaniem siły wyporu.</p> <p>Oslabienia materiałów budowlanych w skutek niewłaściwego osuszania.</p> <p>Butwienie i zagrzybienie.</p>	<p>Uszkodzenia gniazdek elektrycznych i innych przyłączy w piwnicach.</p> <p>Uszkodzenia armatury w piwnicach.</p>
Do 0,5 m powyżej poziomu podłogi	<p>Oslabienie właściwości izolacyjnych materiałów w skutek nawilgocenia i zanieśienia osadem.</p> <p>Uszkodzenia wykończeń ścian wewnętrznych.</p> <p>Silne nawilgocenie podłóg i ścian.</p> <p>Możliwa konieczność wymiany materiałów drewnianych i drewnopochodnych.</p> <p>Uszkodzenia drzwi i ościeżnic.</p> <p>Korozja elementów metalowych.</p> <p>Butwienie i zagrzybienie.</p>	<p>Uszkodzenia okablowań.</p> <p>Konieczność wymiany drewnianych mebli.</p> <p>Konieczność wymiany nasiąkliwych pokryć podłóg (dywan, parkiet).</p> <p>Uszkodzenia zalanych urządzeń elektrycznych.</p> <p>Uszkodzenia systemu ogrzewania podłogowego.</p>
Powyżej 0,5 m powyżej poziomu podłogi	<p>Postępujące uszkodzenia podłóg i ścian.</p> <p>Różnica poziomu wody wewnątrz i na zewnątrz budynku większa od 0,6 m może wywołać uszkodzenia konstrukcji ścian (w zależności od materiału, z którego zostały wykonane).</p> <p>Uszkodzenia szyb okiennych mogą wystąpić przy znacznie niższej różnicy poziomu wody.</p> <p>Wysoka prędkość przepływu wody wokół budynku może powodować rozmycia powierzchni terenu.</p> <p>Ryzyko poważnych uszkodzeń konstrukcyjnych od uderzeń obiektów porwanych przez wodę powodziową.</p>	<p>Uszkodzenia wyżej położonych urządzeń elektrycznych, okablowań.</p>

6. CIRIA, Improving the flood performance of new buildings. Flood resilient construction, London, 2007.

W przypadku wznoszenia dowolnego obiektu budowlanego na terenach zaliczanych do zagrożonych powodzią koniecznym jest więc przeprowadzenie kompleksowej oceny obciążeń wyjątkowych i analizy nośności konstrukcji poddanej wskazanym oddziaływaniom, a także dobór materiałów niewrażliwych na działanie wody lub umożliwiających łatwe: czyszczenie, naprawę lub wymianę.

3. Kryteria doboru rozwiązań technicznych.

Z technicznego punktu widzenia wybór pomiędzy możliwymi wariantami zabudowy na terenach zalewowych powinien zostać oparty o następujące kryteria:

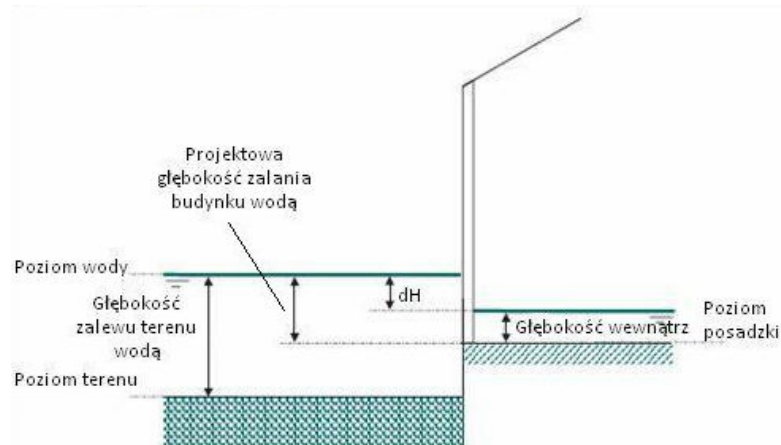
- głębokość wody (zalewu wodą),
- prędkość przepływu wody (a także natężenie przepływu, kierunek przepływu),
- częstotliwość pojawiania się powodzi,
- czas trwania powodzi / utrzymania się zwierciadła wody,
- czas ostrzeżenia przez możliwością wystąpienia powodzi.

Głębokość wody (zalewu wodą)

Parametr ten może być rozumiany na dwa sposoby, jako:

- wzniesienie zwierciadła wody powodziowej ponad teren posesji,
- wzniesienie zwierciadła wody powodziowej ponad określony poziom odniesienia w budynku (projektowa głębokość zalewu wodą budynku).

Różnicę wyjaśnia poniższy schemat:



Rys. 3. Schemat do interpretacji głębokości wody (zalewu wodą powodziową)⁷⁾.

Powszechnie za poziom odniesienia w budynku (tzw. poziom zerowy) uznaje się poziom posadzki najniższej kondygnacji nadziemnej. Stąd głębokość zalewu wodą to wielkość uwarunkowana lokalnie.

Informację odnośnie głębokości wód powodziowych – głębokość zalewu danego terenu wodami powodziowymi odczytać będzie można z przygotowywanych map terenów zalewowych²⁾ skalowanie tego parametru przedstawione zostanie w przedziałach: do 0,50 m; od 0,50 do 2,00 m; od 2,00 do 4,00 m; powyżej 4,00 m. Odwzorowanie ukształtowania terenu zostanie przeprowadzone przy pomocy lotniczego skaningu laserowego terenu przy

dokładności wysokościowej tworzenia Numerycznych Modeli Terenu mniejszej lub równej 0,10 m w terenach miejskich i 0,15 m w pozostałych obszarach. Istnieją również źródła podające przedziały głębokości zalewu do 0,50 m, 0,51 – 1,00 m, i dalej od 1,01 co 1,00 m⁷⁾. Jednak w przypadku dostępu do cyfrowych wersji Laserowych Modeli Terenu, odczytanie żądanych parametrów w danej lokalizacji nie powinno nastęrczać trudności i będzie ograniczone jedynie rozdzielczością i dokładnością modelu. Mapy głębokości zalewu będą tworzone obligatoryjnie dla wszystkich terenów zalewowych.

Na potrzeby tego opracowania przez głębokość wody rozumieć należy głębokość zalewu danego terenu, czyli różnicę pomiędzy poziomem wody powodziowej a poziomem terenu. Jest to parametr zgodny z treścią tworzonych map, łatwy do późniejszego przeliczenia na warunki lokalne związane z projektem konstrukcji danego obiektu budowlanego.

Prędkość, natężenie i kierunek przepływu wody

Woda przepływająca ze znaczną prędkością wykazuje silne właściwości destrukcyjne wobec wielu rodzajów materiałów budowlanych. Nieodłącznie powiązane jest to z występowaniem dużego natężenia czy ustalonego kierunku przepływu – czynników potęgujących procesy niszczące. Konstrukcje ziemne, a także podłoże pod obiektem budowlanym, są szczególnie narażone na tego typu oddziaływania.

Woda napływająca na budynek generuje powstanie parcia dynamicznego wody po stronie napływu. Ściany boczne budynku, omywane przez płynącą wodę, narażone są na procesy erozyjne na styku konstrukcji ścian fundamentowych z gruntem, a także uszkodzenia elewacji budynku w wyniku oddziaływania wody i niesionych przez nią ciał stałych (abrazja). Po stronie budynku przeciwnej do napływu wód strugi łączą się, tworząc zawirowania o osi pionowej, przez co proces erozji podłoża i niszczenie ścian są bardziej złożone.

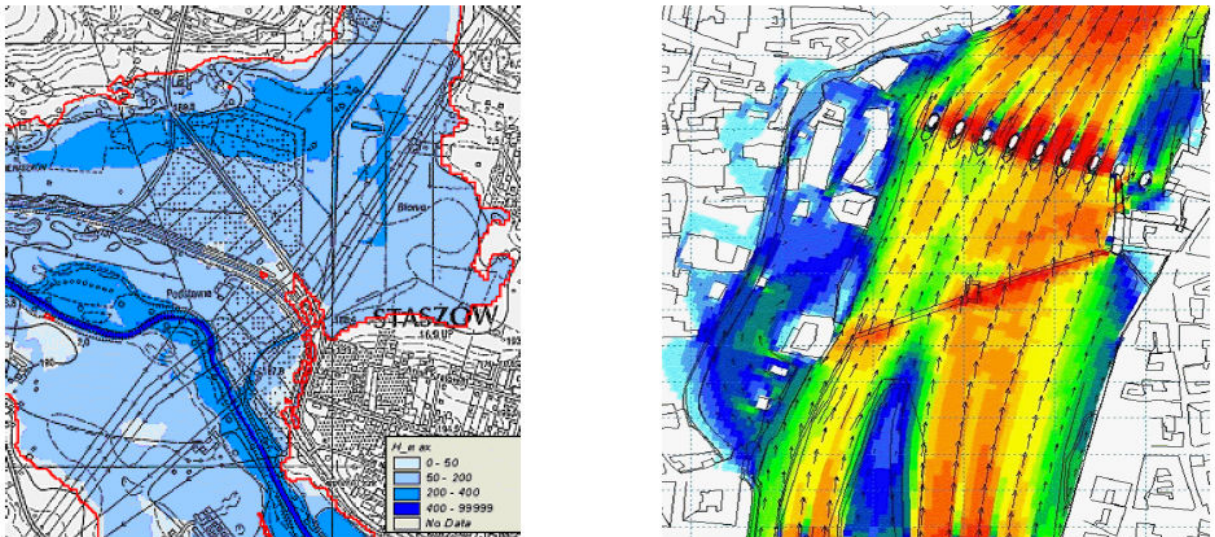
Wielkość prędkości przepływu wody uzależniona jest głównie od spadku (nachylenia) terenu zalewowego oraz pokrycia i ukształtowania terenu, przekładającego się na hydrauliczny parametr szorstkości. Gęsta zabudowa i/lub zalesienia i zakrzaczenia powodują zmniejszenie prędkości przepływu wody. Obszarami występowania znacznych prędkości wody są tereny o zabudowie rozproszonej, zlokalizowane w pobliżu koryta głównego wezbranego cieku. Prędkość przepływu wody na zalewowym terenie nizinnym dochodzić może nawet do 2 – 3 m/s, z lokalnymi przekroczeniami tej wartości.

Przedziały prędkości wody, oznaczane na mapach ryzyka powodziowego, dobrano według poniższej klasyfikacji ze względu na stopień niszczycielskiej siły oddziaływania wody na obiekty:

- $v \leq 0,5$ m/s – prędkość mała – woda ma niewielką zdolność oddziaływania na obiekty,
- $0,5 \text{ m/s} < v \leq 1$ m/s – prędkość średnia – woda ma umiarkowaną zdolność oddziaływania na obiekty i jest w stanie przemieszczać obiekty o niewielkich rozmiarach i masie, stanowi zagrożenie dla ludzi,

7. Tworzenie map ryzyka powodziowego. Opracowanie map ryzyka powodziowego oraz wyznaczenie wartości potencjalnych strat powodziowych dla wybranego obszaru na terenie zlewni Silnicy, Ośrodek Koordynacyjno – Informacyjny Ochrony Przeciwpowodziowej, RZGW w Krakowie, prezentacja w wersji cyfrowej opublikowana na stronie www Ośrodka.

- $1 \text{ m/s} < v \leq 2 \text{ m/s}$ – prędkość duża – woda ma silną zdolność oddziaływania na obiekty i jest w stanie przemieszczać obiekty o stosunkowo dużych rozmiarach i masie, stanowi poważne zagrożenie dla ludzi,
- $v > 2 \text{ m/s}$ – bardzo duża prędkość – woda ma bardzo silną zdolność oddziaływania na obiekty i jest w stanie przemieszczać obiekty o bardzo dużych rozmiarach i masie oraz naruszać strukturę obiektów statycznych, stanowi bardzo poważne zagrożenie dla ludzi.



Rys. 4. Przykłady map terenów zalewowych z ukazaniem głębokości zalewu (część lewa) oraz prędkości i kierunku przepływu wody (część prawa), za opracowaniem²⁾.

Mapy prędkości i kierunku przepływu wody nie będą tworzone obligatoryjnie dla wszystkich terenów zagrożonych powodzią, a jedynie uznaniowo, ze wskazaniem na obszary silnie zurbanizowane.

Częstotliwość pojawiania się powodzi

Potencjalną częstotliwość występowania zjawisk powodziowych określa się na podstawie danych statystycznych oraz modelowania hydrologicznego i wyraża jako prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi o określonej wielkości (biorąc pod uwagę natężenie przepływu i/lub stan wody na cieku) wraz z powodzią większymi. Prawdopodobieństwo opisuje się procentowo lub, zamiennie, z podaniem częstości w odstępach czasowych (przykładowo: raz na kilkadziesiąt lat).

Mapy terenów zalewowych (na kolejnym etapie mapy ryzyka powodziowego) ukazywać będą zasięgi stref zalewowych dla następujących scenariuszy:

- niskie prawdopodobieństwo powodzi – raz na 500 lat,
- średnie prawdopodobieństwo powodzi – raz na 100 lat,
- wysokie prawdopodobieństwo powodzi – raz na 10 lat.

Przekładając na wymiar procentowy będą to powodzie, odpowiednio: 0,2%, 1% i 10%. Celem uzyskania wartościowego decyzyjnie kryterium częstotliwości powodzi należy oszacowane prawdopodobieństwo powodzi powiązać z innymi omawianymi kryteriami, jak na przykład głębokością i zasięgiem zalewu, a także czasem trwania powodzi.

Czas trwania powodzi/utrzymania się zwierciadła wody

Czas trwania powodzi określić można od pojawienia się wezbrania do powrotu przepływu w rzece do normalnego poziomu lub od pojawienia się i ujścia wody z terenu zalewowego. Parametr ten można powiązać z tempem zmian poziomu wody na terenie zalewowym, czyli prędkością podnoszenia się i opadania zwierciadła wody.

Woda powodziowa może utrzymywać się na terenie zalewowym nawet do kilkunastu dni. W niekorzystnych warunkach ukształtowania terenu odpływ naturalny może być niemożliwy, co uzależnia czas odprowadzenia wody od wydajności urządzeń odwadniających lub nasłonecznienia i zdolności do odparowania lub infiltracji.

W przełożeniu na wielkości strat podzielić można czas trwania powodzi na powódź krótkotrwałą (do 12 godzin utrzymywania się zwierciadła wody na terenie zalewowym) oraz powódź długotrwałą (powyżej 12 godzin). Podana granica związana jest przede wszystkim z odpornością materiałów budowlanych (użytych do budowy budynku lub lokalnych zabezpieczeń przeciwpowodziowych). Na obszarach nizinnych, głównie ze względu na łagodne spadki terenu, czas utrzymywania się zwierciadła wody na terenie zalewowym zwykle przekracza podaną wartość 12 godzin.

Zwodniczo groźnym, zwłaszcza dla konstrukcji ziemnych, może okazać się szybkie tempo opadania zwierciadła wody, związane z wystąpieniem tzw. ciśnienia sphywowego, prowadzącego do utraty stateczności skarp i zboczy.

Czas ostrzegania przez możliwością wystąpienia powodzi

Rozpatrując wezbranie na ciekach naturalnych, płynących przez tereny nizinne, czas nadejścia kulminacji fali powodziowej na dany teren szacuje się w dobach i wynosi on kilka dni (ok. 3 – 4 dni). Jest to tym samym czas przygotowania się na to zagrożenie, łącznie z ostrzeżeniem ludności zamieszkującej tereny potencjalnego zagrożenia. Czas ten skraca się do godzin lub minut w przypadku powodzi wywołanej awarią wałów przeciwpowodziowych lub budowli piętrzących wodę, a może wydłużyć się do tygodni lub miesięcy w przypadku wezbrań wód gruntowych.

Oprócz genezy powodzi kryterium to uwzględnić powinno czas na dostarczenie informacji o powodzi do osób zagrożonych. W tym przypadku uprzywilejowane są obszary o gęstej zabudowie oraz o obecnej i sprawnej infrastrukturze teletechnicznej.

Kryterium to, z technicznego punktu widzenia, rzutuje na wybór stosowania rozwiązań o podwyższonej trwałości i niezawodności, działających samoczynnie. W przypadku powodzi nagłych (w tym wywołanych przez katastrofy lub awarie infrastruktury hydrotechnicznej) wszelkie typowe rozwiązania techniczne dla budownictwa mieszkaniowego mogą okazać się niewystarczające.

4. Strategie stosowania zabezpieczeń.

Możliwe są następujące sposoby postępowania z obiektami budowlanymi wzniesionymi lub wznoszonymi na terenach zagrożonych powodzią:

- pozostawienie obiektu istniejącego w stanie nie przystosowanym do zalania przez wody powodziowe,
- wyburzenie (lub ewentualnie przeniesienie) obiektów istniejących i uwolnienie terenu zalewowego od zabudowy,

- zmiana planowanej lokalizacji nowoprojektowanego obiektu,
- zaprojektowanie i wybudowanie obiektu o konstrukcji mającej wpływ na redukcję skutków zalania wodami powodziowymi (dotyczy także obiektów odbudowywanych na terenach zalewowych, z uwzględnieniem stosownej technologii).

Pierwsze trzy wymienione sposoby postępowania (pozostawienie, wyburzenie, przeniesienie obiektu) związane są z decyzjami planistycznymi i lokalizacyjnymi. Wskazania odnośnie relokacji budynków (lub planów posadowienia budynków na zagrożonym powodzią terenie) dotyczyć mogą poniższych uwarunkowań:

- znaczna głębokość zalewu (przy wymienionych kryteriach to głębokość większa od ok. 2,0 m),
- wysoka prędkość przepływu wody (wskazywane są tu prędkości powyżej 2,0 m/s lub nawet powyżej 1,0 m/s),
- długi czas trwania powodzi,
- przewidywane znaczące ilości rumowiska niesionego przez wody powodziowe (kryterium jakościowe),
- krótki czas ostrzegania o możliwości wystąpienia powodzi,
- możliwość wystąpienia nadmiernej erozji podłoża (kryterium jakościowe uzależnione od rodzaju i ukształtowania terenu, łączone z wymienioną prędkością przepływu wody).

W odniesieniu do czwartego z wymienionych scenariuszy – technicznych możliwości redukcji skutków zalania nieruchomości wodami powodziowymi – wyodrębniono dwie koncepcje:

- koncepcja obiektu „wodoodpornego” (koncepcja ochrony przed przedostawaniem się wody do budynku lub na teren posesji, zwana dalej koncepcją A),
- koncepcja obiektu „niewrażliwego na działanie wody” (koncepcja wpuszczania wody w obręb odpowiednio przygotowanego budynku, zwana dalej koncepcją B).

Koncepcja A – budynku mającego uchodzić za „wodoodporny”, przewidzianego do zlokalizowania na terenach zagrożonych powodzią, sprowadza się głównie do uwzględnienia właściwych rozwiązań konstrukcyjno – architektonicznych. Koncepcja może być rozumiana dwojako – przed przedostaniem się wody do wnętrza budynku chronić mogą dodatkowo przesłony zlokalizowane na posesji lub też odpowiednio przygotowane ściany zewnętrzne budynku.

Koncepcja B – dopuszczenia do zalania budynku wodami powodziowymi, zakłada odpowiednie przystosowanie budynku do tego rodzaju oddziaływania poprzez zastosowanie określonych rozwiązań materiałowo – technologicznych.

Podstawowe rekomendacje do wykorzystania koncepcji A dotyczą głównie płytkiego zalewu wodami powodziowymi, które nawet jeśli zdarzają się często, to trwają stosunkowo krótko. Wykorzystanie koncepcji B determinowane jest głównie przewidywaną głębokością zalewu, przy drugoplanowym kryterium częstotliwości i czasu trwania powodzi. Podstawowe rozgraniczenie sprowadza się więc do kryterium głębokości. Według różnych źródeł, głębokością wody, przy której stosowanie koncepcji A jest opłacalne i technicznie wskazane, jest:

- zdecydowanie zalecane do 0,3 m ⁷⁾,

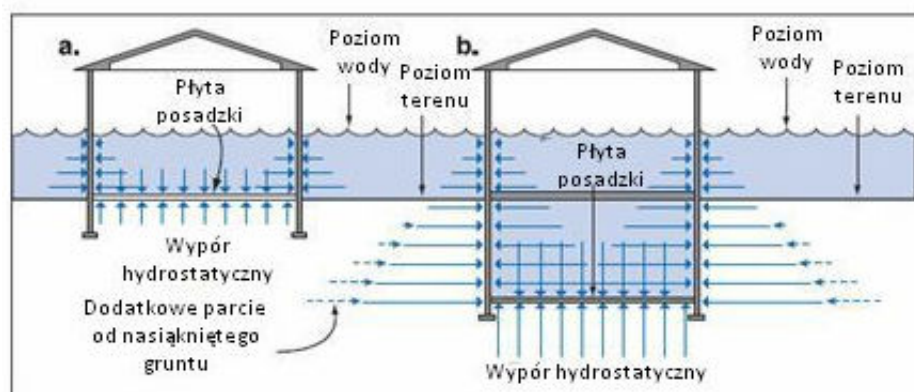
- uznaniowo, pomiędzy 0,3 a 0,6 m⁷⁾,
- wyjątkowo do 1,0 m⁶⁾.

W przypadku koncepcji B zalecane są następujące wskazania odnośnie kryterium głębokości:

- uznaniowo, pomiędzy 0,3 a 0,6 m⁷⁾,
- zdecydowanie zalecane powyżej 0,6 m⁷⁾.

Obie koncepcje nie są wzajemnie wykluczające się, mają więc pokrywający się częściowo zakres stosowalności. Dochodzą wtedy dodatkowe kryteria, jak chociażby uwarunkowania lokalne (gęsta zabudowa miejska z utwardzonymi, nieprzepuszczalnymi nawierzchniami czy zabudowa wiejska z rozległymi posesjami o nawierzchni nieutwardzonej).

Odnotowania wymaga zmiana układu sił oddziałujących na konstrukcję budynku w sytuacji, gdy dopuści się do wtargnięcia wody do wnętrza obiektu. Względem przegród budowlanych prawie pełnemu wyrównaniu podlegają statyczne parcie poziome wody oraz wypór hydrostatyczny, co bezpośrednio przełożyć się może na zapewnienie mniejszej nośności elementów konstrukcyjnych.



Rys. 5. Schemat zmiany układu obciążeń od powodzi w przypadku dopuszczenia do zalania budynku wodą.

Decydując się na opcję kontrolowanego zalania budynku należy zapewnić wodzie możliwość swobodnego przedostania się w obręb budynku, aby – przykładowo poprzez wykonanie zbyt małych otworów wlotowych – nie dopuścić do chwilowego wytworzenia nadmiernej różnicy poziomu wody wewnątrz i na zewnątrz budynku.

5. Rozwiązania konstrukcyjno-architektoniczne.

Przeniesienie/wyburzenie

W wyniku przeprowadzenia analizy technicznej (konstrukcyjnej, hydraulicznej) bilansu zysków i kosztów dla budynku zlokalizowanego na terenie zalewowym może się okazać, że optymalnym będzie zmiana jego lokalizacji. Decyzje leżą jednak głównie po stronie właściwych jednostek sprawujących nadzór nad zagospodarowaniem przestrzennym danych terenów.

Podniesienie

Jest to intuicyjne rozwiązanie polegające na wzniesieniu poziomu podłogi w budynku ponad przewidywany poziom wód powodziowych, możliwe do zastosowania także przy niektórych konstrukcjach domów istniejących. Podniesienie budynku powinno zostać powiązane z odpowiednią metodą głębokiego fundamentowania, dobraną do warunków lokalnych.

Wyróżnić można następujące metody postępowania:

Budowanie na ścianach

Jest to wariant stosowany na obszarach występowania niskich prędkości przepływu wody ze względu na możliwość silnego oddziaływania parcia dynamicznego i statycznego na rozległe powierzchnie ścian budynków.

Przestrzeń pod budynkiem może zostać wykorzystana jako przestrzeń wentylacyjna lub też, przy przekroczeniu odpowiedniej wysokości, jako kondygnacja nieużytkowa. Gdy podniesienie miałyby sięgać powyżej 1,0 – 1,2 m, wskazane jest wzniesienie budynku o wysokość pełnej kondygnacji (w warunkach polskich ok. 2,80 m).

Podniesione ściany należy wyposażyć w otwory umożliwiające przedostanie się wody do wewnątrz przestrzeni pod podłogą/stropem budynku. Zapewnia to wyrównanie poziomego parcia hydrostatycznego po oby stronach przegrody.



Rys. 6. Budynek z dolną kondygnacją przystosowaną do okresowego zalewania przez powódź.

Budowanie na słupach/palach

Jest to rozwiązanie znane z budowli wznoszonych na terenach nadmorskich (pływy, falowanie) czy estuaryjnych, jest to więc rozwiązanie dostosowane do znacznych głębokości zalania oraz obciążeń dodatkowych w postaci parcia dynamicznego wody (np. falowanie) czy uderzeń obiektów pływających. Budynki o mniejszych gabarytach wznoszone są na konstrukcjach drewnianych. Cięższe obiekty budowlane wznosi się na konstrukcjach stalowych lub żelbetowych.

Słupy wymagają osadzenia na fundamentach – zazwyczaj w postaci stóp fundamentowych. Pale stanowią fundament sam w sobie. Celem usztywnienia konstrukcji i uodpornienia na oddziaływania o kierunku horyzontalnym słupy i pale łączy się ze sobą stężeniami (belki drewniane, stalowe, żelbetowe).

Nośność pali i słupów, oprócz ciężaru własnego obiektu, obciążeń użytkowych i oddziaływań wiatru i śniegu, powinna uwzględniać zdolność do przeniesienia opisywanych wcześniej obciążeń wyjątkowych, ze strony wód powodziowych.

W przypadku zwartej zabudowy terenów zalewowych opór hydrauliczny stawiany przez gęsto rozmieszczone słupy/pale powinien zostać doliczony do współczynników szorstkości terenu zalewowego⁸⁾.

Stosowane są wszystkie znane techniki palowania⁹⁾. Ze względu na niekorzystny (dalekosiężny) wpływ przenoszenia wibracji przy pogrążaniu pali wwbrowywanych oraz wbijanych wskazuje się na wyłączenie tej technologii palowania z terenów o gęstej zabudowie (przy wznoszeniu nowego budynku między istniejącymi).



Rys. 7. Przykład lekkiego budynku posadowionego na palach (teren nadmorski).

Podniesienie budynków można zrealizować, także dla istniejących obiektów, na dwa sposoby:

- poprzez zmodernizowanie i przystosowanie kondygnacji dolnej do okresowego zalewania, a następnie dobudowanie kolejnej kondygnacji ponad zalewaną, parterową,
- poprzez podniesienie całego budynku (np. na fundamencie płytowym) i podchwycenie na żądanej wysokości (rozwiązanie niespopularyzowane w warunkach polskich).

Dla istniejących budynków konieczna jest zazwyczaj w takich przypadkach modernizacja fundamentów (wzmocnienie, pogłębienie). Powstałe kondygnacje nieużytkowe przy

8. Harke J., van der Maarel A.J.G., Schielen R.M.J., Ribberink J.S., Building on piles in floodplains, NCR proceedings, 2006.

9. Grabowski Z, Pisarczyk S., Obrycki M., Fundamentowanie, Warszawa, 2005 .

zabudowie miejskiej mogą z powodzeniem funkcjonować jako przestrzenie parkingowe. W przypadku chęci przesłaniania ścian tych kondygnacji należy użyć materiałów łatwo ulegających zniszczeniu pod naporem wody (przesłony drewniane ażurowe, materiałowe), co umożliwi sprawne zalanie tej części budynku. Porwane przez wodę lekkie konstrukcje nie będą stanowiły dodatkowego zagrożenia. Precyzyjne zwymiarowanie wielkości otworów w ścianach lub rozstawu pali wymaga określenia konkretnych wymagań i obliczeń hydraulicznych oraz konstrukcyjnych.

Metody fundamentowania

Możliwe do wykorzystania są właściwie wszystkie znane możliwości posadawiania budynków (od najprostszych stóp i ław fundamentowych, poprzez ruszty, aż po skrzynie czy pale). Jedynie technologię fundamentowania należy odpowiednio dostosować do warunków lokalnych oraz koncepcji ochrony budynku przed wodą powodziową.

Preferowane jest wykonywanie konstrukcji monolitycznych, z absolutnym wyłączeniem prefabrykatów. Zaleca się głębokie posadowienie, motywowane uwzględnieniem możliwości rozmycia podłoża (erozja wgłębna) związanego z przepływem wody o dużej prędkości.

W przypadku budowania zalewanych wodą kondygnacji (ścian i podłóg) w technologii monolitycznej przy uwzględnieniu koncepcji niedopuszczania do przedostania się wody do wewnątrz budynku (np. tzw. szczelna wanna) należy przewidzieć oddziaływanie wyporu hydrostatycznego i konieczność dociążania budynku lub wręcz kotwienia w podłożu gruntowym.

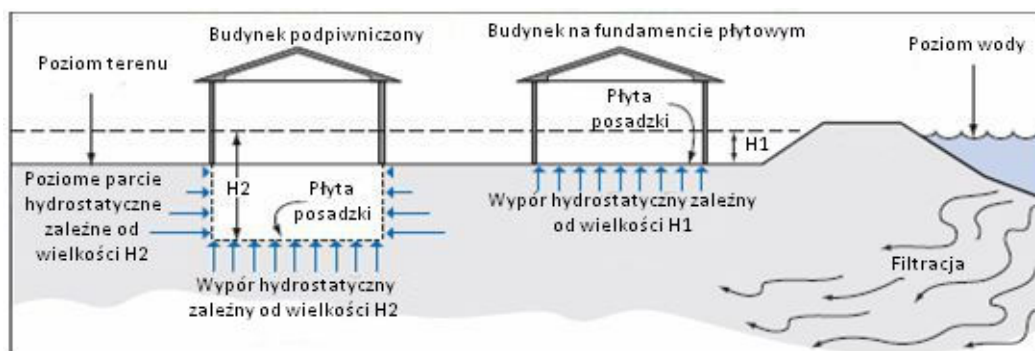
Niskie obwałowania ziemne

Budowa nasypów ziemnych wokół posesji, pełniących funkcję barier okresowo piętrzących wody powodziowe, jest wierną kopią idei wznoszenia obwałowań przeciwpowodziowych w dolinach rzek. Niezawodność takiej budowli zapewnić może jedynie zastosowanie zasad budowy profesjonalnych nasypów hydrotechnicznych, zakładając iż wymagana wysokość nasypu mieści się w granicach 0,75 – 1,50 m. Dolna granica wysokości 0,75 odnosi się do głębokości zalewu równej 0,50 m i uwzględnia zapas bezpieczeństwa 0,25 m. Górna granica związana jest z wystąpieniem znaczących kosztów inwestycyjnych, a także uwzględnia ona kwestię bezpieczeństwa w przypadku przerwania takiego obwałowania oraz względy estetyczne tak rozbudowanej konstrukcji.

Nasyp hydrotechniczny wymaga:

- odpowiedniego przygotowania i (ewentualnie) doszczelnienia podłoża,
- dobrania odpowiedniego gruntu oraz jego wbudowania z wysokim stopniem zagęszczenia,
- uformowania odpowiednich nachyleń skarp nasypu, w celu zapewnienia ich stateczności, a także zastosowanie powierzchniowych zabezpieczeń przeciwerozyjnych,
- ewentualnego doszczelnienia korpusu nasypu,
- ewentualnego wyposażenia nasypu w urządzenia służące do przechwycenia wód filtrujących przez korpus nasypu (drenaże).

Budynek chroniony obwałowaniem ziemnym podlega obciążeniom zilustrowanym na rys. 8:



Rys. 8. Obciążenia działające na budynki chronione obwałowaniami ziemnymi.

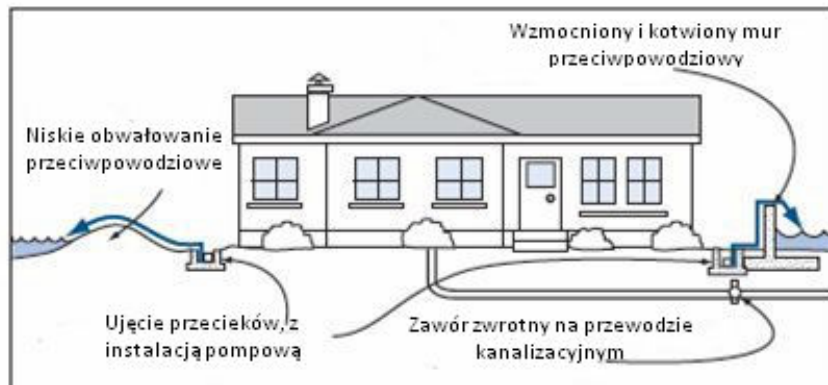
Dopuszczone do powszechnego stosowania mogą być obwałowania niedużej wysokości 0,30 – 0,50 m (maks. 0,75 m), budowane przy założeniu krótkiego czasu trwania wezbrania i niewystępowaniu znacznych prędkości przepływu wody, z zachowaniem następujących zasad:

- trapezowy kształt nasypu w przekroju poprzecznym, z zastosowaniem nachylenia skarpy odwodnej (piętrzącej wodę) min. 1:3, odpowietrznej („suchej”) min. 1:2, szerokości korony nasypu równej min. 0,50 m,
- stosowania gruntów o niskim współczynniku filtracji (piaski drobne, piaski zaglinione) wbudowanych z wysokim stopniem zagęszczenia,
- ubezpieczenie skarpy odwodnej, co najmniej przez obsiew trawą (lub umocnieniami ciężkimi np.: narzutem kamiennym).

Rozwiązanie może nastęrczać utrudnień wykonawczych związanych ze sprowadzeniem znaczącej ilości gruntu (często z dużej odległości), o właściwościach kwalifikujących do wbudowania w nasyp hydrotechniczny. Trudności stwarza również wykonanie przejazdów i przejść dla pieszych przez obwałowania, łącznie z uwzględnieniem wymagań służb ratunkowych odnośnie możliwości przedostania się w obręb obwałowany. Zaleca się ciężkie umocnienia nasypów, jeżeli prędkość przepływu jest znacząca ($v > 1 \text{ m/s}^{10}$).

Przy stosowaniu tego rozwiązania należy liczyć się z utratą dużej części powierzchni działki przeznaczonej pod nasyp. Niskie obwałowania ziemne to zabezpieczenie indywidualne do zastosowania przy pojedynczych budynkach w zabudowie mocno rozprozonej, lecz także dla grup budynków.

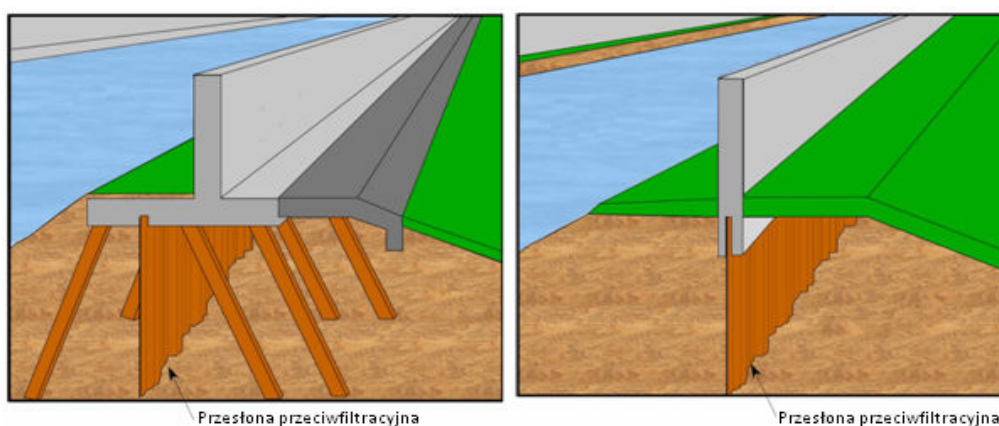
10. Ograniczanie skutków powodzi, Ośrodek Koordynacyjno – Informacyjny Ochrony Przeciwpowodziowej, RZGW w Krakowie, artykuł w wersji cyfrowej opublikowany na stronie internetowej Ośrodka.



Rys. 9. Przykład zabezpieczenia budynku niskim obwałowaniem ziemnym oraz stałą barierą przeciwpowodziową⁵⁾.

Barierzy przeciwpowodziowe

Do ochrony przed przedostaniem się wody na teren posesji wykorzystuje się również wszelkiego rodzaju mury i bariery przeciwpowodziowe, stałych oraz przenośne (zakładane). Konstrukcje stałe murów muszą być wykonane w postaci masywnych, uszczelnionych przegród, wykonanych z materiałów wodoodpornych (mury kamienne na zaprawie cementowej, ściany żelbetowe, odpowiednio zabezpieczone konstrukcje metalowo-drewniane). Wady i zalety tych rozwiązań są podobne jak w przypadku niskich obwałowań ziemnych. Skuteczne jest stosowanie niewysokich zabezpieczeń tego typu – do 0,5 (0,6) m wysokości. Mur redukuje ilość miejsca przeznaczonego na barierę wodochronną. Przy większych głębokościach zalewu (a więc wzroście wysokości murów) konstrukcje te wymagają odpowiedniego zabezpieczenia przeciwiwfiltracyjnego podłoża, co znacząco zwiększa koszt inwestycyjny. Istnieje możliwość wykonywania zabezpieczeń płytowych dolnych fragmentów płotów i ogrodzeń. Ważnym aspektem pozostaje zapewnienie przejść i przejazdów przez mury, wraz z zachowaniem szczelności tych miejsc.



Rys. 10. Sposoby zabezpieczenia podłóża pod stałymi barierami przeciwpowodziowymi¹¹⁾.

Odnosnie przegród przenośnych – odnotowuje się szybko rozwijający się rynek prefabrykowanych urządzeń tego typu¹²⁾¹³⁾. W większości są to systemy barier aluminiowych. Montowanymi na stałe elementami są kształtowniki, w których okresowo umieszczane są belki zakładane. Systemy, z uwagi na konieczność zapewnienia niedużych ciężarów elementów, wykonywane są z ekstrudowanego aluminium i wyposażane w uszczelnienia gumowe. Elementy barier wymagają wygospodarowania miejsca na ich składowanie. Korzystanie z systemów tego typu wymaga odpowiednio wczesnego zaalarmowania o możliwości nadejścia zagrożenia związanego z powodzią, choć istnieją rozwiązania zabezpieczeń uruchamiających się samoczynnie – dotyczy to głównie bram przeciwpowodziowych. Znaczącym mankamentem jest podatność elementów barier przenośnych na kradzieże i wandalizm, a także wysoki koszt inwestycyjny.

Przenośne bariery przeciwpowodziowe stosowane są z powodzeniem na terenach miejskich, do ochrony obiektów i terenów przemysłowych. Producenci takich rozwiązań zalecają stosowanie dodatkowych zabezpieczeń przeciwko skutkom przesiąkania wody przez złącza (a także często pod obiektem) po stronie odpowietrznej (suchej) w postaci rowów otwartych/kanałów połączonych z systemem pompowym (patrz: rys. 9)¹⁴⁾.

6. Materiały budowlane i technologie.

Materiały budowlane

Znaczna część typowych zestawów materiałów wykorzystywanych do budowy domów mieszkalnych nie nadaje się do zastosowania w budynkach na terenach zalewowych, dla których zalecany jest powszechny obowiązek stosowania materiałów budowlanych o wysokiej odporności na oddziaływanie wody. Najczęściej spotykane zestawy materiałów budowlanych stosowanych w budownictwie mieszkaniowym, wraz z klasyfikacją wodoodporności oraz zakresem zastosowania podano w tabelach 2 i 3.

Tabela 2. Klasyfikacja wodoodporności wybranych materiałów budowlanych (za opracowaniem)¹⁴⁾.

Materiały odporne na wodę	Zakres zastosowania	Materiały nieodporne na wodę
Beton zwykły, beton lekki z kruszywem mineralnym, cegły ceramiczne i wapienno – piaskowe, pustaki szklane	Ściany	Beton komórkowy, płyty gipsowe, pustaki żuźlowe, bloczki i pustaki gipsowe, ściany drewniane
Tynki mineralne na bazie cementu i wapna hydraulicznego, tynki z żywic syntetycznych, płyty włókno – cementowe	Wykończenie ścian zewnętrznych	Tynki wapienne, płyty drewniane i drewnopodobne

11. Nelson S.A., Why New Orleans is vulnerable to hurricanes. Geologic and historical factors, Tulane University, 2011 .

12. www.barieryprzeciwpowodziowe.pl.

13. www.ochrona-powodziowa.pl .

14. Lokalny plan ograniczania skutków powodzi i profilaktyki powodziowej dla Krakowa, Ośrodek Koordynacyjno – Informacyjny Ochrony Przeciwpowodziowej, RZGW w Krakowie, dokument w wersji cyfrowej opublikowany na stronie internetowej Ośrodka.

Tynki mineralne cementowo – wapienne z wapna hydraulicznego, płytki ścienne (glazura), klinkier, okładziny kamienne	Wykończenie ścian wewnętrznych	Tynki gipsowe, tynki wapienne, płyty gipsowo – kartonowe, tapety, okładziny drewniane, okładziny korkowe
Drewno odpowiednio zaimpregnowane, tworzywo sztuczne, aluminium	Okna i drzwi	Drewno nieimpregnowane
Beton, jastrych cementowy, asfalt	Posadzki	Parkiet, wykładziny dywanowe, linoleum, korek, bruk drewniany

Tabela 3. Zakres stosowania materiałów budowlanych (za opracowaniem¹⁵).

Material	Zastosowanie	Zakres zastosowania	Wrażliwość na wodę
Gips	gips szpachlowy, gips sztukatorski, płyty gipsowo kartonowe, gipsowe masy tynkarskie	tynki wewnętrzne, wykończenie ścian, ściany działowe	X
Wapno	zaprawa wapienna	tynki wewnętrzne	X
	cegły wapienno – piaskowe	mury nietynkowane	XXX
Cement	zaprawa cementowa	tynki o dużej wytrzymałości, tynki ochronne	XXX
	beton, pustaki betonowe	konstrukcje ścian i stropów	
	jastrych cementowy	podłoża pod posadzki	
	Bruk	nawierzchnie	
Ceramika	Cegły	mury i ściany działowe	XXX
	Klinkier	mury nietypowe	
	wyroby kamionkowe	posadzki	
	Terakota		
	wyroby fajansowe	okładziny ścian	XX
Drewno	Belki	konstrukcje nośne	XX
	Deski	posadzka, białe podłogi poszycie ścian i podłóg	X
	płyty wiórowe		
	lekkie płyty z wełny drzewnej	płyty izolacyjne	
	Parkiet	posadzka	
Bitumy	zaprawy i masy uszczelniające	okładziny chroniące przed napierającą wodą	
	Lepiki	ochrona budynku przed wodą i wilgocią	
Metale	dźwigary stalowe	konstrukcje nośne	XXX
	blachy miedziane i ocynkowane	rynny, rury spustowe	
Tworzywa sztuczne	Polietylen	folie	XXX do X zależnie od obróbki
	Styropian	izolacje cieplne	
	Poliester	posadzki, materiały izolacyjne	
	żywica epoksydowa		
	Kauczuk	uszczelki	

Oznaczenia do tabeli 3:

- XXX – dobrze nadające się (niewrażliwe lub tylko nieznacznie wrażliwe na wodę)
- XX – średnio nadające się (bywają wrażliwe na wodę)
- X – nie nadające się (bardzo wrażliwe na wodę)

Drenaż opaskowy (zewnętrzny)

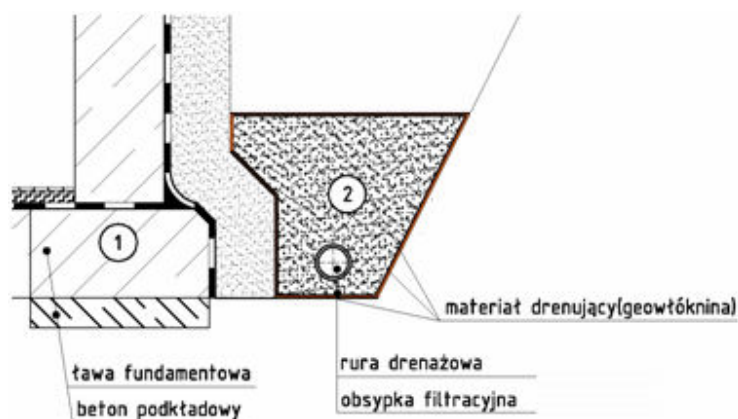
Jest to rozwiązanie mające na celu nie dopuścić do podniesienia się poziomu wód gruntowych w miejscu posadowienia obiektu lub stale obniżające zastany stan wód gruntowych. Podstawą niezawodności działania drenażu opaskowego jest zapewnienie możliwości odbioru ujmowanych wód. W przypadku braku możliwości odprowadzenia grawitacyjnego, drenaż wymaga zainstalowania studni zbiorczej z zestawem pompowym do wody brudnej (a więc, pośrednio, zabezpieczenia źródeł energii elektrycznej, w tym awaryjnego, np. w postaci agregatów prądotwórczych). Schemat ideowy zewnętrznego drenażu opaskowego wokół budynku widnieje na rys. 11. Prawidłowo zwymiarowany drenaż nie pobiera dużych ilości wody, którą na dodatek można odprowadzić w obrębie tej samej działki (np. wykorzystując technologię tzw. studni chłonnej), jeśli jest rozległa i sprzyjają temu warunki gruntowe.



Rys. 11. Schemat wykonania drenażu opaskowego wokół budynku (z pompą i studnią zbiorczą)¹⁵⁾.

Drenaż, obniżając poziom wód gruntowych, zapewnia również redukcję części wyporu hydrostatycznego. Drenaże wykonuje się obecnie zazwyczaj z perforowanych przewodów z tworzyw sztucznych (np. polietylenu wysokiej gęstości HDPE), w odpowiedniej obsypce mineralnej, z zastosowaniem geosyntetyków (geowłóknin separacyjno – filtracyjnych). Przykład rozwiązania drenażu opaskowego z użyciem wymienionych materiałów przedstawiono na rys. 12. Według tradycyjnych rozwiązań stosuje się przewody ceramiczne, a także specjalistyczne uwarstwienia zasypek filtracyjnych (tzw. filtry odwrotne).

¹⁵⁾ Environment Agency, Flooding from groundwater, Bristol, 2011.



Rys. 12. Przykład rozwiązania drenażu opaskowego (przekrój poprzeczny).

Drenaże mają określoną żywotność, którą znacząco mogą skrócić lokalne warunki gruntowo-wodne, w tym skład fizykochemiczny wody podziemnej. Przykładowo, wody o dużej zawartości żelaza, w wyniku procesów związanych z napowietrzeniem filtratu i utlenieniem, a następnie wytrąceniem związków tego pierwiastka w postaci stałej, mają tendencję do zapychania – kolmatacji – przewodów lub zasypek drenarskich. Dobór technologii wymaga więc przeprowadzenia badań składu chemicznego wody.

Drenaż podposadzkowy (wewnętrzny)

W sytuacji braku możliwości wykonania drenażu zewnętrznego (np. bliskie sąsiedztwo innego obiektu budowlanego) stosuje się drenaże zlokalizowane wewnątrz obrysu obiektu, pod posadzką najniższej kondygnacji. Drenaż wewnętrzny stosuje się również jako dodatkowe zabezpieczenie drenażu zewnętrznego lub w przypadku wątpliwości odnośnie skuteczności jego działania¹⁶). Drenaż może być również ułożony na istniejącej posadzce, po czym zabezpieczony nową warstwą posadzki. Przewody drenarskie układa się wzdłuż ścian zewnętrznych obiektu budowlanego oraz często dodatkowo na kilku odcinkach wzdłuż krótszego boku posadzki. Czasami stosuje się odwodnienie tylko fragmentu podłoża pod obiektem.

Technologia wykonania, wykorzystywane materiały, sposób odprowadzenia ujmowanych wód są tożsame z omówionymi dla drenażu opaskowego. Ujmowanie wód gruntowych w ten sposób wywołuje ruch wody gruntowej pod fundamentami obiektu, co przy niekorzystnych warunkach gruntowych (grunty sufozyjne) i nieprawidłowościach wykonawczych może doprowadzić do wymywania drobnych cząstek gruntu ze szkieletu gruntowego i wywołania dodatkowych osiadań obiektu.

Izolacje wodochronne

Izolacje wodochronne dzieli się obecnie na dwa typy:

- izolację przeciwwilgociową,
- izolację przeciwwodną.

Izolację przeciwwilgociową stosuje się w sytuacji, gdy nie występuje lub występuje okresowo i nieznaczne parcie wody gruntowej na chronioną przegrodę budowlaną lub

16. Sokołowski J., Żbikowski A., Odwodnienia budowlane i osiedlowe, SGGW, 1993.

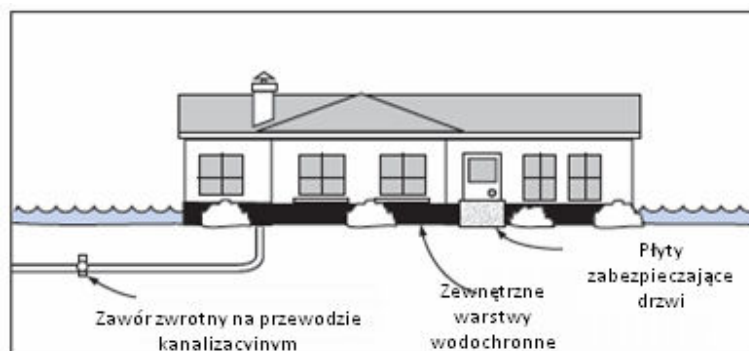
w przypadku wyposażenia obiektu w drenaż opaskowy. Natomiast izolację przeciwwodną stosuje się wówczas, gdy na chronioną przegrodę oddziałuje woda pod dużym ciśnieniem hydrostatycznym. Izolacja przeciwwodna, zwana dawniej izolacją ciężką, stanowi alternatywę dla drenażu opaskowego w warunkach wykluczenia go z możliwości użycia (np.: przy gruntach o niskiej wodoprzepuszczalności).

Materiałami wykorzystywanymi w izolacjach przeciwwodnych są: specjalne zaprawy hydroizolacyjne, masy cementowo-polimerowe (tzw. elastyczne szlasy uszczelniające), masy, roztwory i pasty bitumiczne, masy polimerowo-bitumiczne, papy termozgrzewalne, folie z tworzyw sztucznych¹⁷⁾.

Przy doborze hydroizolacji należy zwrócić uwagę na trwałość i kompatybilność stosowanych jednocześnie materiałów, zabezpieczenie dylatacji i spękań w konstrukcji, sposób posadowienia budynku, a przede wszystkim na wodne warunki pracy izolacji (poziom wody, agresywność chemiczna). Na terenach zalewowych mogą wystąpić uwarunkowania do podwojenia zabezpieczeń części podziemnej (jeśli istnieje) budynku i jednoczesnego wykorzystania izolacji przeciwwodnych (izolacji ciężkich) oraz systemu drenażowego.

Zabezpieczenie elewacji/zabudowa drzwi i okien

Zabezpieczenie przed przedostaniem się wody do wnętrza obiektu budowlanego sprowadza się głównie do zabezpieczenia powierzchniowego zewnętrznej powierzchni ścian, a także uszczelnienia wszelkich przejść komunikacyjnych – drzwi i okien (patrz: rys. 13). Uszczelnieniu powinny podlegać także wszelkie połączenia różnych materiałów budowlanych i elementów konstrukcyjnych. Ostatnie zagadnienie dotyczy głównie rozwiązań połączeń izolacji poziomej i pionowej podziemnych części budynków (styk ścian zewnętrznych i płyt posadzki) i sprowadza się do rozwiązań związanych z izolacjami wodochronnymi tych elementów¹⁸⁾.



Rys. 13. Typowe wodochronne zabezpieczenie przeciwpowodziowe budynku⁵⁾.

Zabezpieczenie elewacji realizuje się przy pomocy powłok malarskich, tynkarskich w zależności od użytego środka uszczelniającego. Dopuszcza się stosowanie materiałów stosowanych do podziemnych izolacji wodochronnych, posiadających wysoką odporność na oddziaływanie atmosferyczne oraz trwałą elastyczność. Dla nowobudowanych obiektów izolację części nadziemnej budynku stanowić powinny przedłużenie izolacji podziemnej.

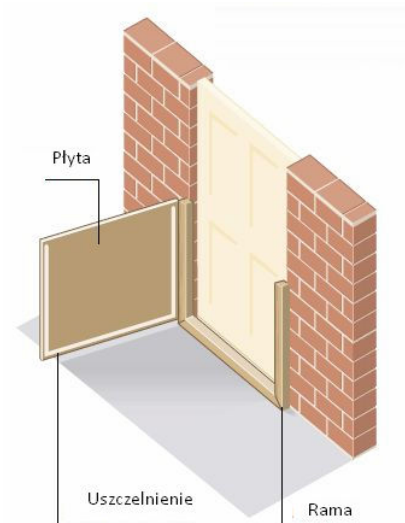
17. Rokiel M., Poradnik hydroizolacje w budownictwie. Wybrane zagadnienia w praktyce. Warszawa, 2009.

W przypadku zabezpieczania obiektów już istniejących, posiadających elewacje ozdobne z cegieł lub płytek ceramicznych, stosowane są powłoki bezbarwne (m.in. impregnaty), które nie wpływają znacząco na wygląd elewacji, natomiast uznawane są za mniej skuteczne. Do tego typu pokryć stosuje się zabezpieczenia poliuretanowe oraz epoksydowe, nakładane głównie technikami malarskimi. Wyższą skuteczność zapewniają powłoki tynkarskie lub wielowarstwowe malarskie, realizowane przy pomocy zapraw cementowych, cementowo – polimerowych, bitumicznych. Zmieniają one wygląd elewacji budynku, ale mogą albo być zakryte odpowiednimi warstwami ozdobnymi (tynki ozdobne, dodatkowe powłoki malarskie lub ceramiczne płytki elewacyjne), albo same mogą mieć atrakcyjną kolorystykę (dotyczy tynków na bazie cementu) i stanowić samodzielną warstwę zewnętrzną.

Przed nakładaniem warstw doszczelniających należy zadbać o wypełnienie zaprawą naprawczą wszelkich spękań i ubytków w konstrukcji ściany (rysy konstrukcji betonowej, ubytki zaprawy murarskiej, głębsze uszkodzenia) i odpowiednio przygotować podłoże w celu zapewnienia przyczepności nakładanych warstw. Odradza się stosowanie czasowych pokryć elewacji foliami polietylenowymi, ze względu na łatwość perforacji folii, wysoką chłonność wykonywania zabezpieczenia i utrudnienia przy uszczelnianiu połączeń.

Zabezpieczenie drzwi realizuje się przy użyciu przegród płytowych, montowanych na stałe lub zakładanych czasowo. Ze względu na zalecane wysokości zabezpieczeń (do ok. 0,9 – 1,0 m) oraz typowe wzniesienie dolnej krawędzi okien (ok. 1,0 m), nie stosuje się przesłon ochronnych dla okien. Stosowane są lekkie płyty aluminiowe, o wysokiej trwałości, lecz także, niezalecane ze względu na niską wytrzymałość i dużą nasiąkliwość, impregnowane płyty drewniane (płyty OSB). Spotykane są również zabezpieczenia z grubych folii polietylenowych. Płyty najczęściej wsuwa się w ramy, trwale wkomponowane w konstrukcję muru lub ościeżnicy i progu. Jeśli zabezpieczenie przeciwpowodziowe pełni też funkcję furtki lub bramy, wówczas jest montowane na zawiasach. Przegrody podobnego typu stosować można na wszelkich przejściach komunikacyjnych w barierach przeciwpowodziowych – murach, płotach. Sposoby zabezpieczenia przeciwpowodziowego drzwi, furtek przedstawiono na rys. 14.





Rys. 14. Sposoby zabezpieczenia przeciwpowodziowego drzwi i bram/furtek⁵⁾.

Inne technologie

Do grupy technologii towarzyszących i uzupełniających dla uprzednio wymienionych zaliczyć można następujące zabiegi:

Szczelne przejścia instalacji przez mury i/lub stropy

W przypadku braku możliwości poprowadzenia niektórych przyłączy powyżej przewidywanego poziomu zalania budynku należy przeprowadzić uszczelnienie tych miejsc potencjalnego przedostania się wody do wnętrza budynku. Ważne jest w tym przypadku zapewnienie szczelności połączeń, a także możliwości ruchów kompensacyjnych elementów instalacji. Typowym rozwiązaniem jest stosowanie prefabrykowanych, dwuczęściowych kołnierzy uszczelniających, o części stałej montowanej już na etapie wykonywania ścian czy stropów. Część elastyczna montowana jest do przechodzącego przewodu/rury.

Zawory (klapy) zwrotne

W przypadku obecności w budynku kanalizacji grawitacyjnej występuje ryzyko przedostania się wód powodziowych pod ciśnieniem do rur kanalizacyjnych, a stamtąd do wnętrza budynku przez urządzenia sanitarne. Zjawisko to jest często bagatelizowane, a może prowadzić do uciążliwego w skutkach zalania i skażenia dużej części budynku, nawet doskonale zabezpieczonego z zewnątrz przed wodami powodziowymi. W celu przeciwdziałania temu zjawisku stosuje się samoczynnie funkcjonujące zawory zwrotne, najczęściej w postaci klap zwrotnych z uszczelkami, dociskanych i doszczelnianych w sytuacji zagrożenia parciem wody próbującej wdrzeć się do instalacji.

Nie ma potrzeby stosowania tego typu urządzeń w przypadku wyposażenia terenów budowlanych w systemy kanalizacji ciśnieniowej.

Systemy odprowadzania wód opadowych

W celu przeciwdziałania nadmiernemu podnoszeniu się wód gruntowych stosuje się różnego rodzaju rozwiązania retencji wód opadowych. Należy dążyć do opóźniania spływu wód opadowych siecią kanalizacji deszczowej, począwszy od ujęć (rozległe dachy, powierzchnie utwardzone działek) i elementów wyposażenia sieci kanalizacji deszczowej. Jeśli chodzi o obręb pojedynczej działki budowlanej wykorzystuje się następujące technologie:

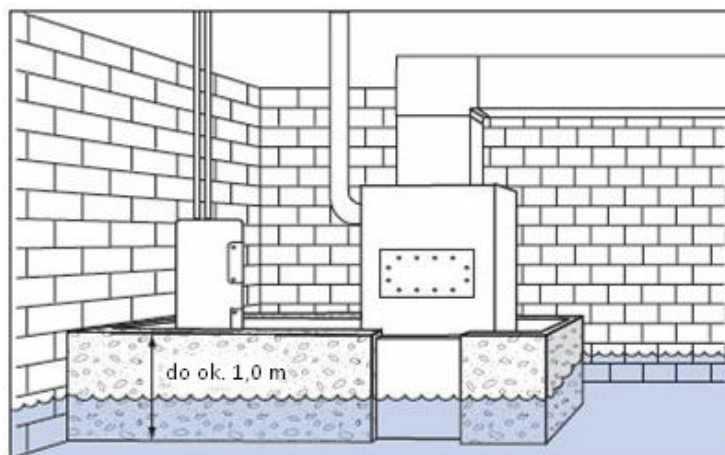
- studnie chłonne, czyli podziemne zbiorniki do rozsączania wód opadowych,
- obiekty mikroretencji – małe zbiorniki (oczka) wodne, umożliwiające wstępne przetrzymanie ujętych wód, a następnie infiltrację w grunt lub odparowanie,
- parkingi i drogi dojazdowe z ażurowych prefabrykowanych płyt wypełnionych zasypkami filtracyjnymi, niewymagające odwadniania.

Należy także wspomnieć o możliwości wyposażania kolektorów kanalizacji deszczowej w podziemne zbiorniki opóźniające odpływ.

Uzupełniające zasady dobrej praktyki

Należy pamiętać również o działaniach uzupełniających, ważnych niezależnie od zastosowanego wariantu ochrony przeciwpowodziowej budynku, a odnoszących się do niekorzystnych zjawisk mogących mieć miejsce w związku z powodzią. Do takich należą:

- konieczność kotwienia lub dociążania obiektów o potencjalnie dużej wyporności, zlokalizowanych na terenie posesji lub wewnątrz budynku – dotyczy to podziemnych (szczelnych) zbiorników asenizacyjnych, nadziemnych zbiorników gazowych, a nawet waniów czy wszelkich zbiorników (np. wyrównawczych),
- zrezygnowanie ze studni kopanych jako jedynej źródła wody pitnej dla budynku ze względu na możliwość częstego i trwałego skażenia wód podziemnych,
- prowadzenie wszelkich instalacji powyżej przewidywanego poziomu zalania wodami powodziowymi – łącznie z niepraktycznie wysokim rozmieszczeniem gniazdek elektrycznych,
- umieszczanie wszelkich urządzeń elektrycznych czy grzewczych na cokołach o odpowiedniej w stosunku do głębokości zalania wysokości, jeżeli nie występuje możliwość przeniesienia tych urządzeń na wyższe piętra; alternatywnie stosowanie wydzielonych dodatkowymi szczelnymi barierami przestrzeni, w obrębie których umieszcza się te urządzenia (rozwiązanie zilustrowane na rys. 15),
- wydzielenie odpowiedniego urządzenia do gromadzenia zapasów wody pitnej, zlokalizowanego poza zasięgiem zalewu – często w postaci stale pracującego zbiornika przepływowego na instalacji wodociągowej,
- nieużywanie drobnych elementów ze stali nieodpornej lub niezabezpieczonej antykorozyjnie – łączników, gwoździ, śrub, kształtowników;
- stosowanie wodoodpornych warstw ochronno – dekoracyjnych na warstwy izolacyjne, poprawiające skuteczność i trwałość izolacji przeciwwodnych oraz ich walory estetyczne.



Rys. 15. Metoda zabezpieczenia urządzeń elektrycznych i grzewczych w zalanych wodą powodziową pomieszczeniach.

7. Podsumowanie.

Rekomendacje budowlane

Istnieją techniczne możliwości poprawy odporności konstrukcji budowlanych na oddziaływania związane z zalaniem wodami powodziowymi. Wiąże się to jednak z koniecznością zastosowania niestandardowych rozwiązań materiałowych i technologicznych, w parze z rozwiązaniami konstrukcyjno – architektonicznymi, przy uwzględnieniu cytowanych kryteriów związanych z określonym ryzykiem powodziowym i uwarunkowaniami lokalnymi.

Ogólne uwagi konstrukcyjno-architektoniczne skupiają się wokół następujących zaleceń:

- zaleca się wykonywanie budynków „ciężkich” (beton zbrojony, cegły ceramiczne na zaprawie cementowej) o wysokim stopniu monolityczności, przy unikaniu prefabrykatów oraz wyłącznie przy zastosowaniu materiałów o wysokiej wodoodporności,
- ze względu na niską trwałość wobec oddziaływań powodziowych sugeruje się rezygnację z budownictwa „lekkiego” (szkieletowego-drewnianego),
- preferowany jest brak kondygnacji podziemnych, przy jednoczesnym głębokim posadowieniu budynku (bezpośrednim lub pośrednim),
- zaleca się wznoszenie budynków o dwóch lub więcej kondygnacjach nadziemnych, przy kondygnacji wyższej pełniącej dodatkową rolę miejsca do ewakuacji ludzi i mienia w sytuacjach zagrożenia, a tym samym odradza się budynki parterowe.

Operując głównym kryterium powodziowym – głębokością zalania – przedstawia się preferowane rozwiązania:

Zabudowa rozproszona, poza terenami miejskimi:

- Powyżej 2,0 (2,5)* m głębokości zalania wskazuje się na poważne utrudnienia techniczne indywidualnego zabezpieczania budynków czy terenów prywatnych pod zabudowę mieszkaniową. Najbezpieczniejszą metodą jest wyniesienie budynku na wytrzymałej konstrukcji palowej (wraz z głębokim posadowieniem) ponad

zwierciadło wody powodziowej. Rozwiązanie to budzi jednak zastrzeżenia pod względem architektonicznym oraz wymaga bardzo dużych nakładów finansowych.

- W zakresie głębokości wody powodziowej 0,5 a 2,0* m zaleca się stosowanie głównie rozwiązań konstrukcyjno – architektonicznych umożliwiających częściowe zalanie budynku (zalanie dolnej kondygnacji), przy jednoczesnym stosowaniu materiałów wodoodpornych.
- Do głębokości 0,5 (wyjątkowo 1,0)* m istnieją skuteczne metody zabezpieczania budynków przed przedostaniem się wody do wnętrza budynku, przy czym należy podkreślić, że osiągnięcie górnej granicy piętrzenia przy takich barierach wiąże się z wystąpieniem znacznych obciążeń na konstrukcję zabezpieczeń, jak i samego budynku (poziome parcie hydrostatyczne przy wysokości piętrzenia 1,0 m przełoży się na obciążenie 0,5 kN na każdy metr bieżący bariery / ściany budynku). Przy tych wysokościach piętrzenia wody może dojść do wystąpienia groźnych zjawisk filtracyjnych i erozyjnych w podłożu budowlanym. W tym przedziale głębokości wciąż jest wartym rozważenia podniesienie podłogi parteru budynku – posadowienie budynku na podwyższonych ścianach fundamentowych lub palach.

Zabudowa zwarta (miejska)

- Ogólne wytyczne pokrywają się z przedstawionymi dla zabudowy rozproszonej, jednak przy gęstej zabudowie na terenach utwardzonych/nieprzepuszczalnych dla wody, przy krótkotrwałych powodziach, proponowane są kompleksowe rozwiązania barier przeciwpowodziowych, stosowane z powodzeniem do zabezpieczania przed przedostaniem się wody do wnętrza budynków. W zależności od wykorzystanego systemu zabezpieczeń, według danych producentów, dopuszcza się znaczne większe wysokości barier niż uprzednio podane – nawet do 2,7 – 5,0 m.

W każdym wariantcie zabezpieczeń przeciwpowodziowych należy zapewnić zapas bezpieczeństwa stosowanego rozwiązania w wysokości ok. 0,3 m powyżej przewidywanego poziomu wody powodziowej, niezależnie czy stosuje się np. zabezpieczenia powłokowe ścian czy też bariery stałe na posesjach. Bezpieczną głębokość zalania należy więc oszacować przez odjęcie wartości zapasu od rekomendowanych głębokości maksymalnych.

Należy również zaznaczyć, iż wszelkie rozwiązania polegające na niedopuszczeniu wód powodziowych do przedostania się na teren posesji (bariery przeciwpowodziowe, obwałowania ziemne) wywołują efekt zmniejszenia pojemności retencyjnej terenu zalewowego, a w konsekwencji do dodatkowego podniesienia poziomu wody. Lokalizowanie tego typu rozwiązań powinno zostać ograniczone do bezpośredniego sąsiedztwa obiektu budowlanego.

Inne rekomendacje

Każde z przedstawionych rozwiązań, w przypadku decyzji o zastosowaniu, wymaga stosownej analizy techniczno-ekonomicznej i sporządzenia szczegółowego, indywidualnego projektu technicznego.

Wskazane jest, aby po sporządzeniu map terenów zalewowych, zakres okresowych przeglądów obiektów budowlanych (art. 62 ust. 1 Ustawy Prawo budowlane¹⁸⁾)

18. Ustawa z dnia 7 lipca 1994r. Prawo budowlane, Dz. U. 1994 Nr 89 poz. 414 z późn. zm..

zlokalizowanych na tych terenach poszerzyć o ocenę ich konstrukcyjno-materiałowej odporności na zalanie wodami powodziowymi lub gruntowymi (wynik podtopień) i wynikające z tej oceny zalecenia.

Kosztochłonność rozwiązań

Przedstawić można, jako poglądowe przykłady, następujące zestawienia kosztów działań zapobiegawczych w porównaniu do kosztów działań związanych z usuwaniem szkód.

Według danych brytyjskich¹⁹⁾, gromadzonych przez firmy ubezpieczeniowe, przy głębokości zalania nowoczesnego budynku wodą o głębokości 0,5 m koszt* napraw budynku wynosi 15 000 funtów brytyjskich (78 000 złotych) oraz 9 000 (47 000) celem pokrycia strat w mieniu (według danych z roku 2003). Z kolei szacunkowe koszty rozwiązań technicznych (według danych z roku 2009 dla warunków amerykańskich, uwzględniających głównie koszt materiałów, bez kosztów dodatkowego wyposażenia: drenaż, pompy, itp.) mających na celu uczynienie budynku wodoodpornym lub niewrażliwym na działanie wody kształtują się następująco:

- wykorzystanie rozwiązań mających na celu uczynienie budynku niewrażliwym na działanie wody przy głębokości zalania do ok. 1,20 m powyżej posadzki parteru lub ok. 2,40 powyżej posadzki piwnicznej – od 30 do 170 \$ za 1 m² (od 100 do 570 złotych) powierzchni obrysu budynku,
- wykorzystanie rozwiązań mających na celu niedopuszczenie do przedostania się wody do wewnątrz budynku przy głębokości zalania do ok. 0,90 m – od 20 do 60 \$ (od 67 do 200 złotych) za 1 metr bieżący uszczelnień powierzchniowych elewacji oraz od 300 do 1000 \$ (od 1000 do 3300 złotych) za metr bieżący uszczelnień drzwi i okien),
- wznoszenie barier przeciwpowodziowych lub obwałowań ziemnych do wysokości ok. 1,20 m (bariery) oraz ok. 1,80 m (obwałowania) – od 180 do 600 \$ (od 600 do 2000 złotych) za 1 metr bieżący obwałowania ziemnego oraz od 450 do 650 \$ (od 1500 do 2200 złotych) w przypadku barier,
- podnoszenie budynków istniejących (podnoszenie i dobudowywanie ścian/kolumn) – od 600 do 1000 \$ (od 2000 do 3300 złotych) za 1 m² powierzchni obrysu budynku,
- wyburzenie i zmiana lokalizacji budynku (rozwiązania podawane jako najdroższe).

Według zestawień holenderskich²⁰⁾ szacunkowe koszty* wybranych rozwiązań zabezpieczenia przeciwpowodziowego obiektów budowlanych (na przykładzie 5 typowych rozwiązań budynków o powierzchni użytkowej od 39 do 81 m²) przedstawiają się następująco:

- wzniesienie nowego budynku na kolumnach o wys. 0,5 do 1,0 m – 1000 do 1900 euro (4100 do 7800 złotych),
- wzniesienie nowego budynku na ścianach o wys. 0,3 – 0,9 m – 1700 do 4300 euro (7000 do 18000 złotych),

19. Office of the Deputy Prime Minister, Preparing for floods. Interim guidance for improving the flood resistance of domestic and small business properties, Office of the Deputy Prime Minister, London, 2003.

20. Gersonius B., Zevenbergen C., Puyan N., Billah M.M.M., Efficiency of private flood proofing of new buildings – Adapted redevelopment of a floodplain in the Netherland, 2008.

- wykorzystanie rozwiązań mających na celu uczynienie budynku niewrażliwym na działanie wody przy głębokości zalania do 1,0 m powyżej posadzki parteru – 15 400 do 26 200 euro (63 000 do 95 000 złotych),
- wykorzystanie rozwiązań mających na celu niedopuszczenie do przedostania się wody do wewnątrz budynku (doszczelnienie oraz wykorzystanie instalacji drenażowej) przy głębokości zalania do 0,9 m – 6600 do 8200 euro (27 000 do 38 000 złotych).

Przeliczenia dokonano dla średnich kursów walut z okresu wykonywania niniejszego opracowania.