

dr inż. Józef Adamowski<sup>1)</sup>  
dr inż. Zygmunt Matkowski<sup>1)\*</sup>

# Ocena skuteczności metod osuszania budynków

## *Effectiveness assessment of methods for drying buildings*

DOI: 10.15199/33.2015.03.08

**Streszczenie.** W artykule opisano metody osuszania budynków stosowane podczas remontu obiektów budowlanych zalanych wodami powodziowymi. Podano ogólne zasady postępowania przy osuszaniu budynków oraz porównano skuteczność poszczególnych metod na podstawie wyników badań poligonowych wilgotności murów w wiejskich budynkach mieszkalnych uszkodzonych w czasie powodzi.

**Słowa kluczowe:** budynki, ściany murowane, wilgotność, osuszanie.

**Abstract.** The paper presents methods for drying buildings applied during repair of flooded works. The general measures to be taken when drying buildings have been shown and the effectiveness of particular drying methods have been compared on the basis of in-situ tests of wall dampness, carried out in village buildings damaged during the flood.

**Keywords:** buildings, brick walls, dampness, drying.

W ostatnim dwudziestolecu w wyniku zmian klimatycznych nasiliły się ekstremalne zjawiska pogodowe negatywnie wpływające na obiekty budowlane. Ze względu na proces powstawania powodzi w Polsce można podzielić na podstawowe typy:

- opadowe, których przyczyną są silne opady naturalne lub rozlewne na dużym obszarze zlewnym;
- roztopowe, których przyczyną jest gwałtowne topnienie śniegu;
- zimowe, których przyczyną jest nasilenie niektórych zjawisk lodowych;
- sztormowe, których przyczyną są silne wiatry, sztormy występujące na zalewach i wybrzeżach.

Wody powodziowe oddziałują na obiekty budowlane w różny sposób. W terenach podgórskich, gdzie wzrost poziomu wody w rzekach i strumieniach w czasie intensywnych opadów następuje gwałtownie, duże znaczenie ma dynamiczne oddziaływanie wody na konstrukcję obiektu, powodujące mechaniczne uszkodzenia budynku. Na nizinach z reguły nie ma oddziaływania dynamicznego, ale problemem jest długi kontakt obiektu z wodami powodziowymi i związane z tym duże zawilgocenie poszczególnych elementów (przede wszystkim fundamentów i dolnych partii ścian).

### Metody osuszania [2, 3, 4, 9]

Przez metody osuszania rozumie się [3] *zespół działań technicznych, organizacyjnych i eksploatacyjnych, które powodują trwałe zmniejszenie wilgotności przegród budowlanych do stanu umożliwiającego wykonywanie robót budowlanych lub remontowo-budowlanych i bezpieczną eksploatację obiektów budowlanych, tj. do stanu wilgotności równowagowej* (stan równowagi sorpcyjnej między wilgotnością względną powietrza otoczenia a wilgotnością masową materiału, z którego przegroda jest wykonana). Osuszanie obiektów budowlanych może odbywać się w sposób naturalny i sztuczny.

**Proces naturalnego osuszania przegród budowlanych** zależy zarówno od warunków ciepło-wilgotnościowych pa-

nujących wewnątrz i na zewnątrz budynków, jak i od rodzaju konstrukcji budowlanych. Skuteczność naturalnego osuszania zależy w istotny sposób od prędkości przepływu powietrza przy osuszanej powierzchni. Poprawienie tej skuteczności można osiągnąć przez zwiększenie prędkości przepływu powietrza wokół osuszanego elementu za pomocą dmuchaw, wentylatorów lub wytworzenia „przeciągu”.

Podczas naturalnego osuszania można wyróżnić kilka etapów, a mianowicie:

- wysychanie zachodzące na powierzchni ściany;
- konwekcyjno-dyfuzyjny transport wilgoci;
- dyfuzyjny mechanizm transportu (dyfuzja objętościowa i powierzchniowa) w sieci kapilar i porów.

Osuszanie naturalne wspomaga:

- nawiercanie na powierzchni muru otworów w celu zwiększenia powierzchni odparowania wilgoci (tzw. metoda Knappena);
- ekrany zewnętrzne i wewnętrzne oraz fosy wentylacyjne;
- usunięcie powłok malarskich o dużym oporze dyfuzyjnym;
- skucie tynków;
- zastosowanie tzw. tynków renowacyjnych.

**Osuszanie sztuczne** przegród budowlanych można zwiększyć przez:

- dostarczenie ciepła do przegrody (okresowo lub w sposób ciągły) przez nagrzewnice, promienniki podczerwieni, źródła mikrofalowe;
- obniżenie ciśnienia cząstkowego pary wodnej zawartej w powietrzu opływającym powierzchnie przegrody;
- obniżenie ciśnienia powietrza opływającego przegrodę (tzw. suszenie próżniowe).

Urządzenia do osuszania przegród mogą wykorzystywać jeden lub kilka z wymienionych sposobów zwiększenia intensywności wymiany ciepła i masy (wilgoci). Należy podkreślić, że ogrzewanie powietrza i ścian, bez zapewnienia intensywnej wymiany powietrza w osuszonym pomieszczeniu, nie prowadzi do wysychania przegród. Podgrzane i zawilgoczone powietrze może bowiem kontaktować się z chłodniejszymi elementami budynku, na których nastąpi kondensacja pary wodnej. Oznacza to, że przy takim sposobie suszenia wilgoć może przemieszczać się z jednego pomieszczenia do drugiego lub z jednego rodzaju materiału w drugi.

<sup>1)</sup> Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego;

<sup>\*)</sup> Autor do korespondencji: e-mail: zygmunt.matkowski@pwr.wroc.pl

W ostatnim okresie w Polsce stosowane są następujące urządzenia do przyspieszonego (sztucznego) osuszania przegród budowlanych:

- nagrzewnice elektryczne wspomagane (bądź nie) wentylatorami mechanicznymi;
- nagrzewnice gazowe wspomagane (bądź nie) wentylatorami mechanicznymi;
- osuszacze kondensacyjne;
- osuszacze absorpcyjne;
- urządzenia mikrofalowe;
- urządzenia z grupy metod termoiniekcyjnych.

**Osuszanie za pomocą nagrzewnic** polega na ogrzaniu powietrza wewnątrz pomieszczeń do temperatury kilkudziesięciu stopni. Przy podwyższonej temperaturze powietrza następuje wzmożone odparowywanie wilgoci z warstw powierzchniowych muru. Wilgoć tę w postaci pary wodnej zawartej w ogrzonym powietrzu usuwa się z pomieszczenia, stosując naturalne wietrzenie lub wentylatory mechaniczne. W trakcie ogrzewania powietrza w pomieszczeniach panują wewnątrz muru niesprzyjające warunki do oddawania wilgoci. Mianowicie, przypowierzchniowe warstwy wewnętrzne muru nagrzewają się szybciej i do wyższej temperatury niż warstwy położone w głębi i na zewnątrz muru. Występuje więc niekorzystny gradient temperatury i ciśnienia pary wodnej

**Metody kondensacyjne** polegają na osuszeniu powietrza wewnątrz pomieszczeń przez skroplenie pary wodnej zawartej w powietrzu. W wyniku tego zabiegu znacznie zmniejsza się wilgotność względna powietrza wewnątrz pomieszczeń, przez co istnieje możliwość odparowywania wilgoci zawartej w murze do powietrza wewnętrznego. Pomieszczenie osuszane metodą kondensacyjną musi być izolowane i uszczelnione, aby nie dopływało powietrze z zewnątrz zawierające stosunkowo dużą ilość pary wodnej. Zaletą tej metody jest niska cena urządzeń oraz niewielki koszt eksploatacji. Nie można jednak stosować tej metody do osuszania miejsc trudno dostępnych, takich jak warstwy podposadzkowe, stropy, stropodachy, sklepienia, ściany warstwowe. Osuszacze kondensacyjne pracują w temperaturze powietrza 0 – 40 °C, najkorzystniej 20 – 25 °C. Ich wydajność jest tym większa, im wyższe są temperatura i wilgotność względna powietrza. Skuteczność poniżej temperatury +10 °C jest problematyczna. Metod kondensacyjnych nie należy stosować przy wilgotności względnej powietrza mniejszej od 30%. Wydajność omawianych urządzeń jest bardzo zróżnicowana, np. urządzenia o małej mocy (do 0,5 kW) skraplają 10 l wody na dobę, o mocy powyżej 1 kW mogą skroplić kilkadziesiąt litrów wody na dobę, a wydajność urządzeń o dużej mocy (kilkunastu kW) może dochodzić do 1000 litrów na dobę. Wydajność urządzeń kondensacyjnych w dużej mierze zależy od wilgotności względnej osuszanego powietrza. Najlepsze efekty uzyskuje się w pomieszczeniach o dużej wilgotności względnej powietrza, np. 90%. Czas osuszania tą metodą jest trudny do określenia, gdyż w dużym stopniu zależy od skuteczności uszczelnienia pomieszczenia przed dopływem powietrza zewnętrznego.

**Metody absorpcyjne** wykorzystują zjawisko pochłaniania pary wodnej z powietrza przez specjalny materiał zwany sorbentem wilgoci. Urządzenia działające na tej zasadzie są wzbogacone o nagrzew osuszonego powietrza i odprowadzenie skroplin pary wodnej ze schłodzonym powietrzem na

zewnątrz. Osuszane pomieszczenie musi być izolowane i uszczelnione, aby nie dopływało powietrze z zewnątrz. Zastosowanie odpowiedniego foliowania (fotografia) oraz próżniowania skraca wielokrotnie czas osuszania. Urządzenia do osuszania absorpcyjnego powietrza mogą mieć różną wydajność: najmniejsze od 10 dm<sup>3</sup>/dobę, największe do 1000 dm<sup>3</sup>/dobę. Osuszacze absorpcyjne umożliwiają doprowadzenie suchego i ciepłego powietrza także do trudno dostępnych miejsc zalanych lub zawilgoconych, np. ścian wielowarstwowych, warstw podposadzkowych, stropów kanałowych itp., bez konieczności rozbierania i odkrywania zawilgoconych elementów budynku. Zaletą tej metody jest również możliwość pracy urządzeń przy niskiej, a nawet ujemnej temperaturze oraz przy niskiej wilgotności względnej powietrza. Osuszacze absorpcyjne mogą być ustawiane także na zewnątrz pomieszczeń i być zasilane energią elektryczną oraz pracować na gaz lub olej.



Widok osłony z folii PE zamontowanej na wewnętrznej powierzchni ściany w celu zwiększenia suszenia muru metodą absorpcyjną

[Fot. J. Adamowski]

**Metoda termoiniekcji** polega na osuszaniu muru z wody wypełniającej jego pory i kapilary, a następnie wykonaniu trwałej przepony hydrofobowej. Metoda ta składa się z dwóch zasadniczych etapów: osuszania i wykonania przepony hydrofobowej. W trakcie suszenia wykorzystuje się zjawisko termodyfuzji. Osuszanie wykonuje się specjalnymi urządzeniami termowentylacyjnymi, które umieszcza się w nawierconych w ścianie otworach. Termodyfuzyjne osuszanie murów przez wprowadzanie ogrzanego powietrza w nawiercone otwory trwa od dwóch do kilku dób w zależności od wstępnej wilgotności, grubości oraz struktury muru. Przyjmuje się, że osuszanie tą metodą umożliwia przeciętnie zmniejszenie zawilgocenia muru z cegły pełnej o 3% wilgotności masowej na dobę [1]. Oznacza to, że murowana z cegły ściana budynku o wilgotności ok. 24% zostanie osuszona do wilgotności poniżej 5% w czasie ok. 7 dni. Maksymalna grubość osuszonego muru, w przypadku dostępu jednostronnego wynosi ok. 100 cm, a przy dostępie dwustronnym ok. 200 cm. W murach, w których nie ma przeciwwilgociowej izolacji poziomej, wskazane jest wykorzystanie metody termoiniekcji do wykonania poziomej blokady hydrofobowej przez grawitacyjne lub ciśnieniowe wprowadzenie, w otwory pozostałe po osuszeniu muru, środka hydrofobowego. Zakumulowane w murze ciepło ułatwia penetrację środka hydrofobowego, przyspiesza utwardzenie się żywicy oraz powoduje szybkie odparowanie rozcieńczalnika.

**Metoda mikrofalowa** wykorzystuje do nagrzania muru oraz znajdującej się w nim wody promienniki mikrofal najczę-

ściej o częstotliwości 2,45 GHz. Promieniowanie mikrofalowe jest to promieniowanie elektromagnetyczne wysokiej częstotliwości, mierzonej w GHz (1 GHz =  $10^9$  Hz). Jest ono silnie absorbowane przez wolne molekuly wody. Mikrofałe wprawiają w drgania cząsteczki wody. Wskutek wzajemnego tarcia cząsteczki wody umiejscowione wewnątrz przegrody nagrzewają się. W przegrodzie powstają pola temperatury i ciśnienia cząstkowych pary wodnej o korzystnych gradientach (z wnętrza przegrody ku jej powierzchni), przez co ściana intensywnie wysycha. Proces ten przyspieszany jest przez termowentylatory zainstalowane przy promiennikach mikrofal. Najczęściej suszenie murów wykonuje się, instalując odpowiednią liczbę generatorów mikrofal w pewnej odległości od siebie albo stosuje się jeden generator, który przesuwa się po powierzchni przegrody.

W każdym obiekcie powinien być dobierany odpowiedni sposób nagrzewania murów zależny od rodzaju materiału przegród, ich grubości i stopnia zawilgocenia. Przy korzystnie dobranych parametrach suszenia mikrofalowego następuje bardzo szybki spadek zawilgocenia ścian w ciągu pierwszej doby o 5 – 8% wilgotności masowej, a cały proces suszenia może trwać od kilku dni do dwóch tygodni.

Dodatkowe zalety osuszania mikrofalowego to:

- zniszczenie mikroorganizmów, takich jak grzyby domowe, grzyby pleśniowe, owady drewna;
- brak wysoleń powierzchniowych, które powstają przy stosowaniu innych metod oraz możliwość jednoczesnego wykonywania poziomej przepony (izolacji) przeciwwilgociowej;
- możliwość ograniczenia osuszania tylko do elementów i części budynku nadmiernie zawilgoconych.

Metoda mikrofalowa wymaga szczególnych środków ostrożności podczas obsługi urządzeń emitujących promieniowanie mikrofalowe. Należy stosować tylko te urządzenia, które zostały dopuszczone do stosowania.

**Metoda osuszania próżniowego** stosowana jest do suszenia elementów o małych wymiarach. W tym celu osuszany przedmiot umieszcza się w suszarce próżniowej. Proces suszenia polega na odprowadzeniu wody przy bardzo niskim ciśnieniu.

## Zasady postępowania przy osuszaniu budynków

Podczas realizacji prac związanych z osuszaniem budynków można wyróżnić cztery etapy. Są to **anamneza**, czyli ustalenie tego co było i co jest obecnie; **diagnoza**, tj. rozpo-

znanie przyczyn i skutków zawilgocenia oraz zalania budynków; **terapia**, czyli zaplanowanie działań osuszeniowych oraz remontowych; **kontrola**, czyli działania oceniające skuteczność prac osuszeniowych w czasie. Procedurę postępowania przy wykonywaniu osuszania budynków przedstawiono w tabeli 1.

Duża część zalanych wodami powodziowymi obiektów miała nieskuteczne lub w ogóle nie miała izolacji przeciwwilgociowych i przeciwwodnych. W takim przypadku problem osuszania, rozumiany jako „usunięcie nadmiaru wody pochodzącej z zalania” komplikuje się. Bowiem, w przypadku braku izolacji poziomych, gdy jednym z głównych źródeł zawilgocenia przegród jest podciąganie kapilarne, samo osuszanie nic nie da, gdyż w miejsce wody usuniętej w wyniku osuszania napłynie od dołu woda podciągana siłami kapilarnymi. Dodatkowo problem komplikuje się, gdy uszkodzonym budynkiem jest obiekt zabytkowy wpisany do rejestru zabytków. Wówczas wszystkie działania powinny być uzgodnione z właściwym miejscowo konserwatorem zabytków. Schemat współzależności i obowiązków poszczególnych uczestników procesu inwestycyjnego całościowego osuszania obiektów przedstawiono na rysunku.

## Badania skuteczności metod osuszania budynków

Porównanie skuteczności poszczególnych metod osuszeniowych jest bardzo trudne, gdyż trudno znaleźć kilka obiektów o zbliżonym okresie eksploatacji, podobnej konstrukcji, wykonanych z analogicznych materiałów i podobnie zawilgoconych. Taka okazja nadarzyła się w 1998 r. na Dolnym Śląsku w miejscowości Kotowice (gmina Oborniki Śląskie). W lipcu 1997 r. cała wieś Kotowice została zalana wodami powodziowymi z Odry do wysokości 1,5 – 2,0 m. Taki poziom wody utrzymywał się przez kilka dni. Budynki w całej wsi mają podobną konstrukcję. Ściany murowane grubości 1,5 i 2 cegieł. Wybrane do badań budynki były niepodpiwniczone.

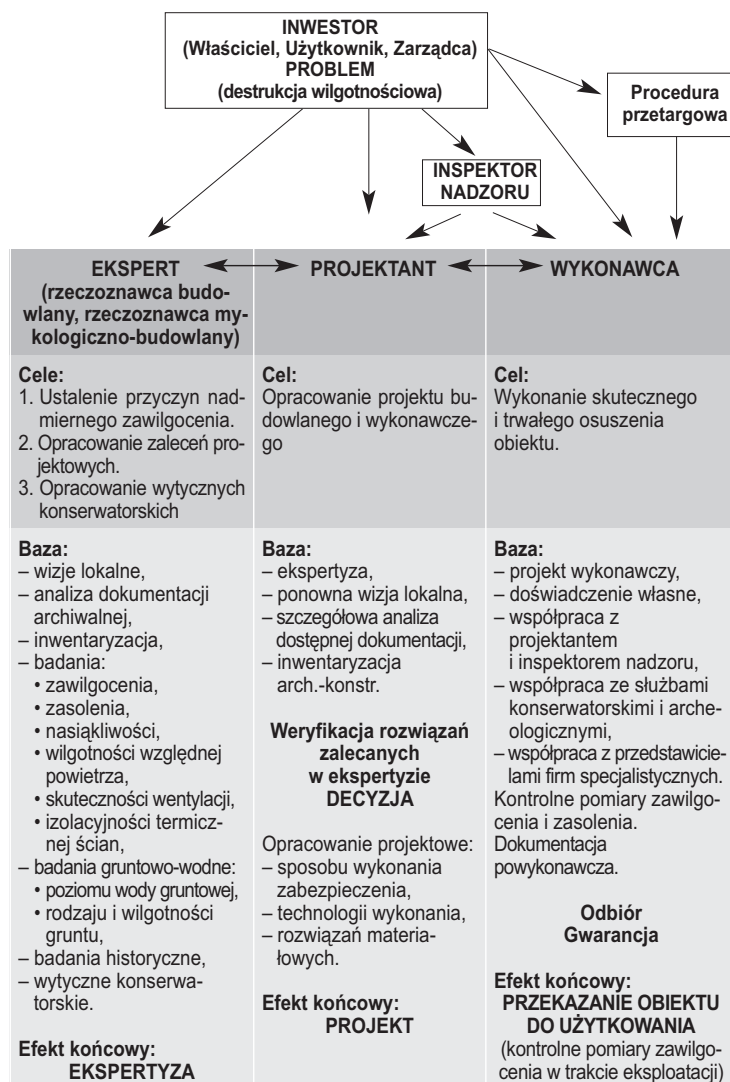
W celu sprawdzenia skuteczności poszczególnych metod osuszania obiektów budowlanych, firmom chętnym wziąć udział w badaniach przekazano po jednym lub kilku budynkach, aby mogły przeprowadzić w nich prace osuszeniowe swoją metodą. Wcześniej w każdym budynku sprawdzono wilgotność murów w wybranych miejscach (nieznanych wykonawcom). Do udziału w badaniach zgłosiło się 17 firm, które wykonały badania skuteczności metod osuszania w 19 obiektach. Zastosowano następujące metody osuszania: kondensacyjne

**Tabela 1. Sposób postępowania przy osuszaniu obiektów budowlanych**

Etap		Sposób postępowania
I	<b>Anamneza.</b> Ocena wizualna i prace studialne	Wiek budynku i jego historia. Konstrukcja budynku. Zastosowane materiały konstrukcyjne (w szczególności w fundamentach i ścianach) i wykończeniowe. Poziom wody gruntowej. Wady i uszkodzenia instalacji sanitarnych. Obecność izolacji przeciwwodnych i przeciwwilgociowych. Rodzaj i sprawność wentylacji. Izolacyjność termiczna przegród zewnętrznych. Opis sposobu zalania przez wody powodziowe.
II	<b>Diagnoza.</b> Ocena badawcza. Analiza dostępnych danych. Wybór metod osuszania.	Badania wilgotności, rodzaju i stopnia zasolenia ścian i fundamentów. Określenie maksymalnej nasiąkliwości materiałów ściennych i fundamentowych. Ustalenie rozkładu wilgotności na wysokości i grubości ścian. Wybór sposobu naprawy.
III	<b>Terapia.</b> Wykonanie osuszania i prac towarzyszących.	Usunięcie wszystkich źródeł zawilgocenia. Odwodnienie terenu wokół budynku (o ile jest to możliwe). Ewentualne wzmocnienie konstrukcji budynku. Wykonanie bądź naprawa izolacji przeciwwodnych lub przeciwwilgociowych. Usunięcie zasolenia i w razie konieczności zmniejszenie higroskopijności materiałów. Osuszenie obiektu. Wykonanie tynków renowacyjnych. Wentylacja pomieszczeń.
IV	<b>Kontrola.</b> Badania kontrolne	Kontrola bieżąca w czasie wykonywania etapu III. Kontrola końcowa po wykonaniu etapu III. Kontrola w trakcie eksploatacji obiektu (badania kontrolne zawilgocenia i zasolenia [5, 6, 7, 8], kontrola skuteczności wentylacji)



w 3 budynkach; sorpcyjne w 7 budynkach; mikrofalowe w 5 budynkach; sorpcyjne z użyciem pomp próżniowych w 2 budynkach; termoiniekcji z osuszaniem sorpcyjnym lub kondensacyjnym w 2 budynkach. Osuszanie prowadzono do osiągnięcia wilgotności mniejszej niż 5%. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 2.



Schemat współzależności i obowiązków poszczególnych uczestników procesu inwestycyjnego w przypadku realizacji przedsięwzięcia polegającego na osuszeniu obiektu

Tabela 2. Wynik badań osuszania budynków w Kotowicach [1]

Metoda osuszania	Liczba budynków	Czas osuszania [dni]	Ilość zużytej energii [kWh]	Liczba budynków w grupie „sukces”	Liczba budynków w grupie „trudnej do zdefiniowania”	Liczba budynków w grupie „porażka”
Kondensacyjna	3	26 – 90	250 – 850	1	1	1
Sorpcyjna	7	46 – 84	830 – 12375	3	2	2
Sorpcyjna + próżniowa	2	49	50 – 52	1	1	0
Mikrofalowa	5	14 – 16	535 – 1850	5	0	0
Termoiniekcja + osuszanie kondensacyjne	2	50 – 84	1740 – 3910	0	2	0
Razem	19			10	6	3

## Podsumowanie

Skuteczne i trwałe osuszenie obiektów budowlanych jest zadaniem złożonym, trudnym, energochłonnym oraz bardzo kosztownym. Szczególnie skomplikowane jest to w przypadkach budynków, w których nie ma odpowiednich hydroizolacji. Może wówczas wystąpić nawet wzrost zawilgocenia dolnych partii ścian na skutek „zasysania” wilgoci z gruntu.

Przystępując do osuszania, należy wykonać odpowiednie czynności wstępne związane z rozpoznaniem historii, architektury i konstrukcji obiektu, zastosowanych materiałów, istnienia odpowiednich izolacji wodochronnych. Przed wykonaniem osuszania należy dokładnie zbadać stan zawilgocenia poszczególnych elementów budowlanych oraz ustalić wilgotność „końcową”, przy której należy zakończyć osuszanie.

Warunkiem skuteczności osuszania jest usunięcie wszystkich dodatkowych źródeł wilgoci zarówno zewnętrznych, jak i wewnętrznych, np. wilgoci kondensacyjnej, higroskopijnej związaniem z nadmiernym zasoleniem murów, wycieków z różnego rodzaju instalacji.

Z naszych doświadczeń wynika [1, 2, 3], że **do najbardziej efektywnych systemów osuszenia przegród budowlanych należy:**

- osuszanie mikrofalowe, wspomagane termowentylacją i osuszaczami sorpcyjnymi;
- osuszanie sorpcyjne, wspomagane intensywnym nawiewem i wywiewem powietrza, z możliwością wydzielenia zamkniętych stref osuszania oraz tworzenia podciśnienia (próżnowania) miejscowego.

Nieszczęście, jakim jest niewątpliwie zalanie wodami powodziowymi, może być przyczynkiem do wykonania całościowego remontu modernizacyjnego obiektu, oczywiście pod warunkiem zapewnienia odpowiedniego finansowania. Dlatego bardzo ważna jest w tym przypadku pomoc państwa, ubezpieczycieli oraz banków.

## Literatura

- [1] Adamowski J., Matkowski Z., Pawlonka A., „Badania wilgotności oraz efektywności różnych metod osuszania budynków po powodzi”, Polder, nr 16, 1999.
- [2] Adamowski J., Matkowski Z., Ocena skuteczności osuszania ścian murowanych, Materiały Budowlane, nr 4/1999.
- [3] Adamowski J., Hoła J., Matkowski Z., Metody osuszania przegród budowlanych, Materiały Budowlane, nr 1/2007.
- [4] Frossel F., Osuszanie murów i renowacja piwnic, Wyd. Polcen, Warszawa 2007.
- [5] Hoła J., Matkowski Z., Schabowicz K., Tomografia impedancyjna w badaniach zawilgoconych murów ceglanych, Czasopismo Techniczne, Budownictwo, z. 1-B/2007, zeszyt 4, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej.
- [6] Hoła J., Matkowski Z., Awarie budowlane: zapobieganie, diagnostyka, naprawy, rekonstrukcje: XXIV Konferencja naukowo-techniczna, Szczecin-Międzyzdroje, 2009, Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego, 2009, 73.
- [7] Hoła J., Sikora J., i inni, New Tomographic method of brickwork damp identification, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2010.
- [8] Matkowski Z., Problems involved in nondestructive investigations of brick walls (in Polish), Proc. of 31st Domestic Conference on Nondestructive Tests, 31 KKBN, Szczecin, 22 – 24 X 2002, Zeszyty Problemowe Badania Nieniszczące, no. 7, pp. 131– 134.
- [9] Wójcik R., Metody osuszania murów, „Izolacje” nr 9/1999.

Otrzymano 12.02.2015 r.