

Metody oceny skuteczności środków iniekcyjnych stosowanych do wykonywania wtórnych hydroizolacji poziomych w murze

Mgr inż. Bartłomiej Monczyński, Remmers Polska Sp. z o.o.

1. Wprowadzenie

Wśród metod oceny skuteczności środków iniekcyjnych stosowanych do wykonywania wtórnych hydroizolacji poziomych w murze [1] najpopularniejsze są: metoda Instytutu Techniki Budowlanej (ITB) – niegdyś stanowiąca podstawę do wydania Rekomendacji Technicznej ITB [2], obecnie Krajowej Oceny Technicznej – oraz opisana w instrukcji Naukowo-Technicznego Stowarzyszenia na rzecz Konserwacji Budynków oraz Ochrony Zabytków (WTA – niem. *Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege*) nr 4-10-15/D [3]. Obie metody z powodzeniem mogą być stosowane w przypadku środków używanych od dziesięcioleci, takich jak kombinacja krzemianów oraz metylokrzemianów alkalicznych (dalej oznaczana skrótem MKA), ugruntowanych już na rynku kremów iniekcyjnych (KI [basic]), jak również kremów iniekcyjnych nowej generacji (KI +).

2. Przygotowanie do wykonania badań

2.1. Mury doświadczalne

W metodzie ITB mur doświadczalny wykonywany jest z cegły ceramicznej klasy 150 murowanej na zaprawie cementowo-wapiennej. Po wymurowaniu mur należy poddać sezonowaniu przez jeden miesiąc. Metoda WTA przewiduje wykonanie dwóch rodzajów muru doświadczalnego. Mur doświadczalny „mały” może być stosowany w przypadku iniekcji grawitacyjnej, natomiast mur doświadczalny „duży” może być używany zarówno w przypadku sprawdzania skuteczności iniekcji ciśnieniowej, jak i bezciśnieniowej. Do pojedynczego badania należy przygotować trzy mury. Do wzniesienia murów należy używać cegły pochodzącej od jednego producenta, a przed przystąpieniem do murowania cegłę należy zwilżyć. Rodzaj i proporcje zaprawy uzależnione są od typu muru badawczego. Konsystencja zaprawy powinna umożliwiać aplikację kielnią. Oba rodzaje muru należy przechowywać przez 28 dni w temperaturze ok. 23°C i wilgotności względnej powietrza ok. 50%. Po tym okresie, a jeszcze przed przystąpieniem do zawilgocenia, należy



Rys. 1. Mury badawcze przygotowane do iniekcji w metodzie ITB

wykonać otwory iniekcyjne. Otwory należy nawiercać pod kątem nie przekraczającym 45° w osiowym rozstawie 10–12,5 cm. W przypadku dużego muru dopuszczone jest nawiercanie dwurzędowe. Nawierty nie mogą naruszać najniższej oraz najwyższej warstwy cegieł, a ich średnica nie może być większa niż 30 mm. Zwierciny należy usuwać, przedmuchując otwory niezaolejnym powietrzem.

2.2. Zawilgocenie muru

Zawilgocenie muru w metodzie ITB należy prowadzić przez ok. 28 dni poprzez zanurzenie muru w wodzie, której poziom należy ustabilizować na poziomie ok 30 cm od spodniej płaszczyzny poziomej muru. Proces ten należy prowadzić aż do uzyskania stanu pełnego nasycenia. Poziom zanurzenia muru w wodzie należy utrzymywać nie tylko w okresie zawilgacania, ale przez cały okres trwania badania (rys. 1). Ze względu na zróżnicowane właściwości dostępnych na rynku środków iniekcyjnych instrukcja WTA umożliwia przeprowadzenie badań w trzech stopniach zawilgocenia DFG (od niem. *Durchfeuchtungsgrad*): DFG 60%, DFG 80% oraz DFG 95%. Mury przeznaczone do badania przy DFG 60% oraz DFG 80% należy osuszyć w temperaturze 60°C aż do uzyskania stałej masy, a następnie schłodzić do temperatury pokojowej. Następnie wszystkie mury należy doprowadzić do stanu pełnego nasycenia, po czym próbki DFG 90% zabezpieczyć

przed wysychaniem (np. owijając folią), a pozostałe próbki osuszyć do wymaganego stopnia zawilgocenia i również zabezpieczyć przed wysychaniem. Tak zabezpieczone mury należy przechowywać przez okres od 28 do 56 dni.

2.3. Wykonanie iniekcji

W metodzie Instytutu Techniki Budowlanej iniekcję prowadzi się według zaleceń zlecającego badań. Zalecenia te powinny obejmować przede wszystkim sposób aplikacji (grawitacyjna lub ciśnieniowa) oraz sposób nawiercania otworów (iniekcja jedno- lub dwurzędowa). Dolny rząd otworów należy wykonać na wysokości ok. 100 mm powyżej poziomu wody. Odstęp między rzędami nawierć, osiowy rozstaw otworów, ciśnienie aplikacji (w przypadku iniekcji ciśnieniowej), czas trwania aplikacji, sposób napełniania oraz zamykania otworów powinny odpowiadać zaleceniom producenta środka iniekcyjnego.

Iniekcję obu rodzajów muru badawczego w metodzie WTA należy prowadzić zgodnie z wytycznymi producenta preparatu iniekcyjnego (rys. 2). Wszelkie parametry iniekcji, takiej jak ciśnienie, zużycie itp. powinny być odnotowywane w protokole iniekcji. Bezpośrednio po przeprowadzeniu iniekcji boczne i tylne części muru należy zabezpieczyć powłoką paroszczelną lub folią. Ta strona muru, od której prowadzono iniekcję, pozostaje niezabezpieczona. Przed przystąpieniem do badania skuteczności iniekcji mury badawcze należy przechowywać przez 28 dni w temperaturze pokojowej, przy czym próbki DFG 95% (w tym również próbki referencyjne) należy zanurzyć w wodzie na głębokość połowy grubości pierwszej warstwy. W przypadku próbek DFG 60% oraz DFG 80% ustawienie w wodzie nie jest wymagane.

3. Badanie efektywności działania przepony

3.1. Metoda ITB

Ocena działania efektywności przepony w metodzie ITB prowadzona jest na podstawie zmian wilgotności muru będących efektem wykonania iniekcji, w stosunku do wilgotności w stanie kapilarnego wysycenia przed wykonaniem wtórnej izolacji poziomej. Wilgotność muru w każdym punkcie pomiarowym należy określić metodą wagowo-suszarową. Próbki do badania wilgotności pobierane są z muru obok otworów iniekcyjnych przed wykonaniem iniekcji (lecz po całkowitym nasyceniu wodą) oraz kolejno po 30, 60 oraz 90 dniach od daty wykonania iniekcji (rys. 3). Ocena efektywności przeprowadzonej iniekcji wyrażona jest



Rys. 2. Aplikacja kremu iniekcyjnego w metodzie WTA 8 [4]



Rys. 3. Mur referencyjny po zakończeniu badań

przez średnią wartość spadku zawilgocenia w poszczególnych poziomach badawczych po kolejnych okresach badawczych (30, 60, 90 dni od daty przeprowadzenia iniekcji), w porównaniu do średniej wartości zawilgocenia muru w stanie pełnego wysycenia, tj. bezpośrednio przed wykonaniem przepony (tabela 1).

Dodatkowym kryterium oceny skuteczności iniekcji według Instytutu Techniki Budowlanej jest obserwacja rozchodzenia się preparatu w murze. Obserwację należy przeprowadzić w trakcie wykonywania iniekcji (wstępnie) oraz po jednym miesiącu od jej zakończenia. Ocena polega na ustaleniu, czy poszczególne obszary dystrybucji preparatu wokół otworów iniekcyjnych nachodzą na siebie oraz czy nasycenie preparatem nastąpiło na całej grubości muru, co przejawia się poprzez wystąpienie śladów preparatu po stronie muru przeciwnej do tej, po której nawiercono otwory.

Tabela 1. Efektywność działania wyrażona spadkiem wilgotności muru w linii otworów iniekcyjnych [5–7]

	Wilgotność masowa				Obniżenie zawilgocenia		
	początkowa	po 30 dniach	po 60 dniach	po 90 dniach	po 30 dniach	po 60 dniach	po 90 dniach
MKA	9,6%	7,5%	1,7%	1,3%	21,9%	82,3%	86,5%
KI [basic]	11,6%	10,2%	3,9%	1,8%	12,1%	66,4%	84,5%
KI +	8,7%	5,9%	1,0%	0,5%	32,2%	88,5%	94,3%

3.2. Metoda WTA

Efektywność działania wtórnej izolacji poziomej można według wytycznych WTA ocenić na trzy sposoby: przez próbę wodoprzepuszczalności, metodą mikrofalową oraz poprzez pomiar parowania. Ocenę skuteczności danego środka iniekcyjnego prowadzi się poprzez porównanie parametrów murów poddanych iniekcji oraz muru referencyjnego, przy czym parametr muru referencyjnego określa się po 60 dniach od rozpoczęcia badania.

Bez względu na to, którym z trzech sposobów prowadzona będzie ocena funkcjonowania wtórnej izolacji poziomej, potwierdzenie skuteczności środka iniekcyjnego możliwe będzie dopiero wówczas, gdy spełnione będą następujące kryteria:

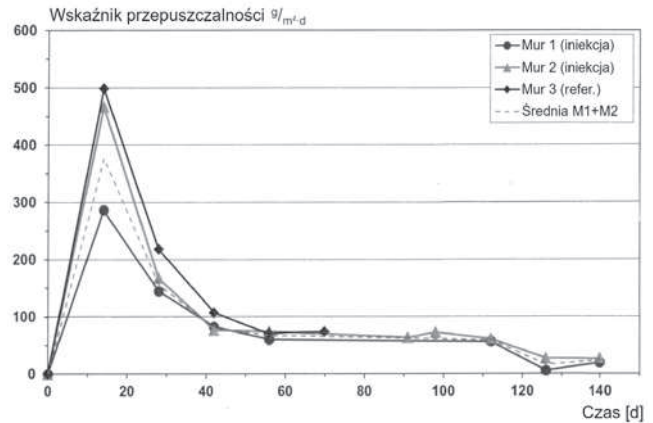
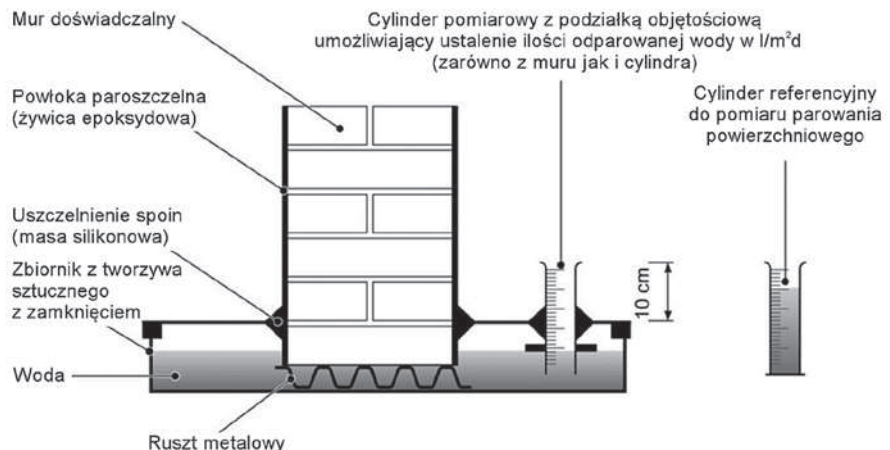
- ilość odparowanej wody, wilgotność (średnia z 30 punktów pomiarowych) lub wodoprzepuszczalność muru poddanego iniekcji musi zostać zredukowana co najmniej o 50% w stosunku do próbki referencyjnej (należy podać okres spełnienia kryterium skuteczności);
- ilość odparowanej wody, wilgotność lub wodoprzepuszczalność muru poddanego iniekcji w czasie prowadzenia badań nie może wzrastać w stosunku do próbki referencyjnej.

Próba wodoprzepuszczalności, określana również jako metoda WDL (od niem. *Wasserdurchlassenversuch*) lub pomiar objętościowy, bazuje na rejestracji ilości wody, jaka odparowuje z przekroju muru w jednostce czasu. Pomiarom podlega tu ilość wody (w gramach lub mililitrach), jaka dyfunduje w ciągu doby z jednego metra kwadratowego horyzontalnego przekroju muru. Aby uwzględnić parowanie swobodne z lustra wody w cylindrze pomiarowym, rejestruje się również parowanie wody w cylindrze referencyjnym, o takich samych wymiarach co cylinder wchodzący w skład stanowiska, jakie obrazuje rysunek 4.

Wykres (rys. 5) przedstawia zmiany ilości wody odparowującej z murów poddanych iniekcji przy DFG 95% (mur 1 i mur 2) oraz muru referencyjnego (mur 3) podczas badania skuteczności kremu iniekcyjnego KI+. Po 60 dniach od rozpoczęcia badań mur referencyjny (mur 3) charakteryzował się wskaźnikiem przepuszczalności wody $71 \text{ g/m}^2\text{d}$. Mury poddane iniekcji (mur 1 i mur 2)

po 120 dniach od rozpoczęcia testu wykazują średnią wartość współczynnika $20 \text{ g/m}^2\text{d}$, co jest wartością o 71% niższą od wskaźnika dla muru referencyjnego po 60 dniach [8]. W analogicznych badaniach prowadzonych dla iniekcji penetracyjnej

Rys. 4. Schemat badania skuteczności przepływu iniekcyjnej metodą próby wodoszczelności [3]



Rys. 5. Zmiana wskaźnika przepuszczalności w trakcie badania kremu iniekcyjnego KI+ [8]

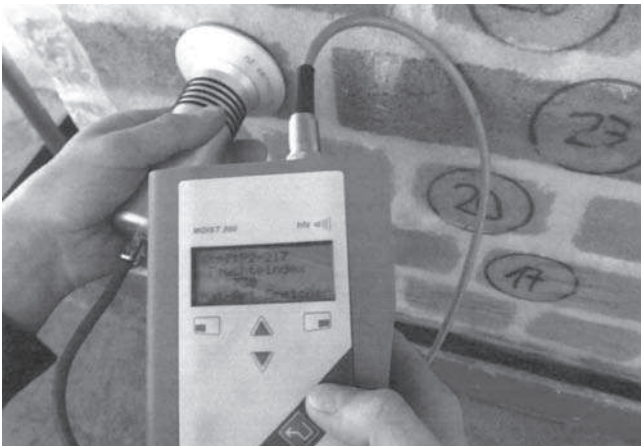
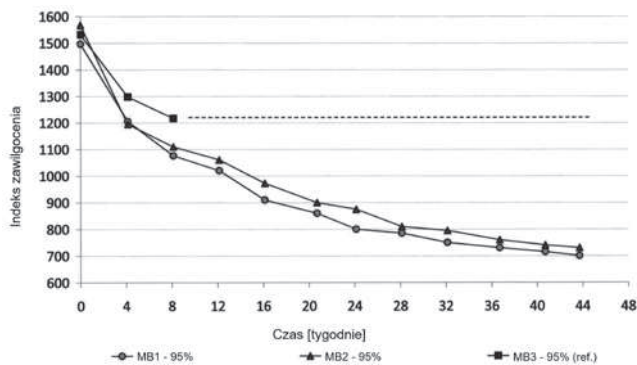
plynem iniekcyjnym (MKA) przy DFG 80% wskaźnik przepuszczalności muru referencyjnego po 60 dniach wynosił $211 \text{ g/m}^2\text{d}$. W przypadku dwóch murów poddanych iniekcji po 90 dniach od momentu rozpoczęcia testu odnotowano spadek o 56%, a wskaźnik przepuszczalności wynosił odpowiednio $92 \text{ g/m}^2\text{d}$ [9].

W przypadku metody mikrofalowej wykonuje się pomiary wilgotności muru przy użyciu wilgotnościomierza elektronicznego (rys. 6). Aby pomiary wykonywane były zawsze w tym samym miejscu, jeszcze przed rozpoczęciem badania na murze doświadczalnym należy oznaczyć trzydzieści (po piętnaście na każdej stronie) punktów pomiarowych. Wynik badania stanowi średnia z dziesięciu pojedynczych pomiarów wykonanych w każdym z punktów kontrolnych. Pomiar zawilgoceń należy prowadzić w tym samym czasie na murach zainiektowanych oraz próbce referencyjnej. Przed przystąpieniem do kolejnej serii pomiarów należy przeprowadzić kalibrację na próbce z trzech warstw cegieł, grubości i szerokości jednej cegły, której faktyczną wilgotność należy określić metodą wagowo-suszarkową.

Tabela 2 oraz wykres na rysunku 7 prezentują zarejestrowaną przy użyciu wilgotnościomierza mikrofalowego dynamikę wysychania murów badawczych poddanych iniekcji kremem KI (basic) przy DFG 95%. Wilgotność muru referencyjnego

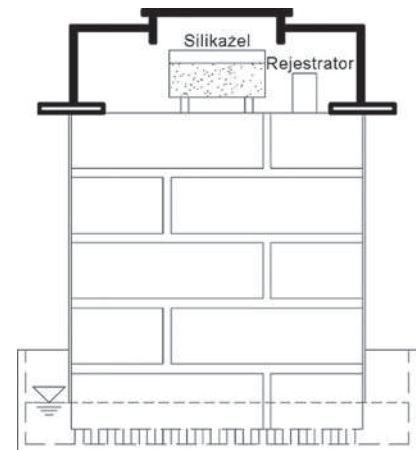
Tabela 2. Zmiana wilgotności murów badawczych w metodzie mikrofalowej [4]

Czas	Mur badawczy 1		Mur badawczy 2		Mur badawczy 3 (referencyjny)	
	indeks zawilgocenia	odpowiadający wilgotności	indeks zawilgocenia	odpowiadający wilgotności	indeks zawilgocenia	odpowiadający wilgotności
Początek badania	1497	13,0%	1567	13,2%	1532	13,2%
60 dni	1076	9,8%	1109	10,1%	1217	11,0%
260 dni	730	5,1%	760	5,7%	-	-
290 dni	715	4,7%	740	5,2%	-	-
306 dni	700	4,6%	730	5,1%	-	-

**Rys. 6.** Pomiar zawilgocenia metodą mikrofalową [4]**Rys. 7.** Zmiana wilgotności murów badawczych w metodzie mikrofalowej [4]

po 60 dniach od rozpoczęcia testu wynosiła ok. 11%. Kryterium skuteczności, czyli spadek wilgotności o 50%, zostało osiągnięte po 260 dniach w przypadku muru badawczego nr 1 oraz po 290 dniach dla muru badawczego nr 2. Kolejne pomiary wykazały dalsze wysychanie murów – średni czas osiągnięcia kryterium ustalono na 275 dni [4].

W przypadku pomiaru parowania prowadzi się go po umieszczeniu na górnej powierzchni muru badawczego specjalnego klosza („dzwonu”), tworzącego zamkniętą, szczelną przestrzeń, dzięki czemu wilgoć może się do niej dostać wyłącznie z górnej powierzchni próbki (rys. 8). Kontrolę ilości wilgoci, jaka wyparowuje z muru, prowadzi się, umieszczając pod kloszem pojemnik z substancją absorbującą wilgoć z otoczenia (np. żelem krzemionkowym, określanym potocznie jako silikazel lub silica gel) i regularne ważenie zasobnika. Dodatkowo,

Rys. 8. Schemat stanowiska badawczego przy pomiarze parowania [3]

w celu rejestracji warunków klimatycznych, pod kloszem umieszcza się również specjalny rejestrator.

4. Podsumowanie

Opisane powyżej metody badań skuteczności nie mogą stanowić bezpośredniego przełożenia na uzyskanie takich samych albo bardzo zbliżonych efektów na konkretnych obiektach budowlanych, nie uwzględniają bowiem szeregu innych czynników, niemożliwych do założenia dla wszystkich spotykanych zastosowań (np. stopnia przesiąknięcia wilgocią, czy poziomu zasolenia muru) [2]. Pozwalają jednak dokonać porównania między poszczególnymi środkami iniekcyjnymi dostępnymi na rynku, jak również wskazują niektóre zalety lub ograniczenia poszczególnych preparatów.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Monczyński B., Skuteczność środków iniekcyjnych, Izolacje 2/2017, str. 81–87
- [2] Francke B., Izolacje przeciwwilgociowe murów wykonane metodą iniekcji – wymagania techniczne, Materiały Budowlane 3/2008, str. 5–6
- [3] WTA Merkblatt 4-10-15/D: Injektionsverfahren mit zertifizierten Injektionsstoffen gegen kapillaren Feuchttransport
- [4] Prüfbericht PB 5.1/10-052/3: Kiesol C – Prüfung des Wirksamkeit des Injektionsstoffes als nachträgliche horizontale Abdichtung gegen kapillare Wasseraufnahme im Mauerwerk, Leipzig 2010
- [5] Raport z badań LZM01-03524/18/Z00NZM: Kiesol – jednoskładnikowy preparat do iniekcji, Warszawa, 2019
- [6] Raport z badań LZM02-03524/18/Z00NZM: Kiesol C – krem iniekcyjny, Warszawa, 2019
- [7] Raport z badań LZM03-03524/18/Z00NZM: Kiesol C + – krem iniekcyjny, Warszawa, 2019
- [8] Prüfbericht nach WTA-Merkblatt Nr. M 2289: Prüfung des Produktes Kiesol C+ nach dem WTA Merkblatt 4-10 Injektionsverfahren mit zertifizierten Injektionsstoffen gegen kapillaren Feuchttransport, Aachen, 2017
- [9] Prüfbericht M 1072: Prüfung des Injektionsstoffes Kiesol bei 80% DFG nach WTA Merkblatt 4-10-04/D, Aachen, 2007