

**A U T O R E F E R A T**  
**DOTYCZĄCY DOROBKU I OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH**

dr inż. Barbara Francke

Instytut Techniki Budowlanej

Warszawa, październik 2021

**Spis treści**

<b>1. Imię i nazwisko.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Posiadane stopnie naukowe, nazwa, miejsce i rok ich uzyskania .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych .....</b>	<b>3</b>
<b>4. Wskazanie osiągnięcia naukowego.....</b>	<b>3</b>
<b>4.1. Wykaz publikacji naukowych dokumentujących osiągnięcie naukowe, stanowiące podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.....</b>	<b>3</b>
<b>4.2.Omówienie celu naukowego osiągnięcia habilitacyjnego wraz ze wskazaniem ewentualnego wykorzystania .....</b>	<b>4</b>
<b>4.2.1. Przedmiot, zakres i cel głównego kierunku prac, metody badawcze .....</b>	<b>4</b>
<b>4.2.2 Główne kierunki badań.....</b>	<b>6</b>
<b>4.2.3 Osiągnięcia w zakresie głównego kierunku badań.....</b>	<b>26</b>
<b>5. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę.....</b>	<b>26</b>
<b>6. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.....</b>	<b>28</b>

**1. Imię i nazwisko**

Barbara Francke

**2. Posiadane stopnie naukowe, nazwa, miejsce i rok ich uzyskania**

Nazwa:	doktor nauk technicznych
Dyscyplina :	budownictwo
Miejsce uzyskania:	Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej
Rok uzyskania:	1987
Tytuł rozprawy doktorskiej:	<i>Wtórne wykorzystanie mieszanek mineralno-asfaltowych w nawierzchniach drogowych</i>
Promotor:	doc. dr hab. inż. Maria Kalabińska
Recenzenci:	prof. dr hab. inż. Stanisław Wojdanowicz prof. dr hab. inż. Bogusław Stefańczyk

Nazwa :	magister inżynier
Dyscyplina:	budownictwo
Specjalność:	drogi, ulice, lotniska
Rok uzyskania:	1981
Tytuł pracy magisterskiej:	<i>Projekt techniczny drogi III klasy technicznej Warszawa-Ciechanów, odcinek obwodnicy m. Nasielsk</i>
Promotor:	prof. dr hab. inż. Zdzisław Łopatek

**3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych**

Od 01.10.1981 do 30.09.1985 – Studia Doktoranckie- Politechnika Warszawska – Wydział Inżynierii Lądowej

Od 21.10.1985r - w Instytucie Techniki Budowlanej w Warszawie na stanowiskach:

21.10.1985r ÷ 31.03.1989r – specjalista,

od 01.04.1989 - adiunkt

**4. Wskazanie osiągnięcia naukowego**

Zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.) jako osiągnięcie naukowe spełniające kryteria złożenia Wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego wskazuję cykl 5 powiązanych tematycznie publikacji, pod wspólnym tytułem:

**Wpływ trwałości rozwiązań hydroizolacyjnych na zapewnienie ochrony budynków przed wodą i wilgocią**

**4.1. Wykaz publikacji naukowych dokumentujących osiągnięcie naukowe, stanowiące podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego**

[1] Francke B., *Nowoczesne hydroizolacje budynków. Zabezpieczenia wodochronne części podziemnych budynków*; monografia, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, liczba stron 170, ISBN 978-83-01-21623-8, Warszawa, 2021,

MNiSW: 80

[2] Francke B., *Nowoczesne hydroizolacje budynków. Pokrycia dachowe*; monografia, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, liczba stron 229, ISBN 978-83-01-21987-1; Warszawa, 2021, w druku,

MNiSW: 80

[3] Francke B., *Nowoczesne hydroizolacje budynków. Tarasy i balkony*; monografia, Wydawnictwo Naukowe PWN SA; Warszawa (po recenzjach, w opracowaniu redakcyjnym; przewidywany termin wydania I kwartał 2022r),

[4] B. Francke –rozdział 11 pt. *Badania i ocena przydatności eksploatacyjnej i trwałości pokryć dachowych* w pracy zbiorowej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Leonarda Runkiewicza, *Diagnostyka obiektów budowlanych. Część 2. Badania i oceny elementów i obiektów budowlanych*; monografia, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2021,

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na samodzielnym napisaniu rozdziału nr 11; 30 stron. Mój udział procentowy w ramach rozdziału 11 szacuję na 100 %.

[5] B. Francke - rozdział 12 pt *Izolacje przeciwwilgociowe i wodochronne części nadziemnych budynków* w pracy zbiorowej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Piotra Klema, *Budownictwo ogólne, tom 2 -fizyka budowli*; monografia, Wydawnictwo ARKADY Sp. z o.o., Warszawa 2005, ISBN 83-213-4408-9.

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na samodzielnym napisaniu rozdziału nr 12; 82 strony. Mój udział procentowy w ramach rozdziału 12 szacuję na 100 %.

## **4.2. Omówienie celu naukowego osiągnięcia habilitacyjnego wraz ze wskazaniem ewentualnego wykorzystania**

### **4.2.1. Przedmiot, zakres i cel głównego kierunku prac, metody badawcze**

Realizowana przeze mnie działalność dotyczy ochrony obiektów budowlanych przed szkodliwym działaniem wody i wilgoci oraz trwałości tych zabezpieczeń znajdujących się w różnych warunkach eksploatacyjnych. Z przedstawionego wyżej zestawienia uzyskanych przez mnie stopni i tytułów naukowych mogłoby wydawać się, że po otrzymaniu tytułu doktora nauk technicznych kierunek mojej działalności zawodowej uległ diametralnej zmianie. Jednak takie stwierdzenie nie w pełni oddaje stan faktyczny. To właśnie studia drogowych mieszanek mineralno-asfaltowych skłoniły mnie do poszerzenia zakresu prowadzonych przeze mnie prac badawczych i analiz o inne zastosowania asfaltów, jak wiadomo wykorzystywanych również w rozwiązaniach hydroizolacyjnych. Nie poprzestając na badaniach hydroizolacyjnych wyrobów asfaltowych rozszerzyłam warsztat badawczy o ocenę przydatności użytkowej rozwiązań hydroizolacyjnych wykorzystujących materiały produkowane również na bazie innych surowców. W efekcie końcowym to właśnie hydroizolacje stały się przedmiotem moich głównych zainteresowań i w tej dziedzinie specjalizuję się przez większość mojej działalności zawodowej.

Dlaczego hydroizolacje stały się przedmiotem moich głównych zainteresowań? Problematykę tę uznałam za istotną z punktu widzenia zapewnienia trwałości obiektów budowlanych. W polskich warunkach klimatycznych większość procesów niszczących obiekty budowlane zachodzi w obecności wody i wilgoci, przy jednoczesnym oddziaływaniu zmiennych temperatur dodatnich i ujemnych, z licznymi przejściami przez 0°C. Zapewnienie

właściwej ochrony konstrukcji budynków przed ww. oddziaływaniami ma więc istotny wpływ na zagwarantowanie trwałości obiektów budowlanych jak również na zapewnienie komfortu użytkownika pomieszczeń, pośrednio oddziałując na zdrowie i życie ich użytkowników. Z tego też powodu **przedmiotem** moich prac są rozwiązania hydroizolacyjne budynków i budowli.

**Zakres moich prac** obejmuje zarówno ocenę trwałości materiałów hydroizolacyjnych jak i ocenę trwałości wykonanych z nich zabezpieczeń wodochronnych, z podziałem na:

- izolacje części podziemnych budynków,
- pokrycia dachowe,
- izolacje tarasów i balkonów.

**Celem** badań omówionych w cyklu wskazanym we wniosku są analizy procesów wpływających na trwałość warstw hydroizolacyjnych przeprowadzonych na podstawie badań zarówno laboratoryjnych jak też na obiektach. Czynniki wpływające na trwałość zabezpieczeń hydroizolacyjnych budynków przedstawiłam graficznie na rysunku 1.



**Rysunek 1.** Czynniki wpływające na trwałość rozwiązań hydroizolacyjnych

W analizach wykorzystałam zarówno badania laboratoryjne prowadzone pod moim kierownictwem i z moim udziałem (wymienione w załączniku nr 4) jak też wnioski innych badaczy pozyskane podczas przeglądu dostępnej literatury technicznej. Na przestrzeni 35 lat działalności zawodowej przeprowadziłam również liczne badania, obserwacje i analizy obiektów (wymienione m.in. w załączniku nr 4), co pozwoliło mi na określenie typowych grup uszkodzeń jakie mogą powstać w obszarze warstw hydroizolacyjnych, w zależności od rodzaju zastosowanych materiałów i wielkości występujących oddziaływań środowiskowych. Rezultaty wymienionych prac utworzyły obszerny zbiór wyników, który stał się podstawą sformułowania przeze mnie istotnych wniosków w zakresie trwałości warstw hydroizolacyjnych z podziałem na:

- określenie optymalnych właściwości użytkowych materiałów hydroizolacyjnych, których spełnienie zapewni możliwie najdłuższy okres użytkowania przy działaniu wytypowanych czynników użytkowych, charakterystycznych dla warunków

- eksploatacyjnych. Dodatkowo wykonałam analizy porównawcze trwałości różnych grup materiałów hydroizolacyjnych, narażonych na te same oddziaływania użytkowe,
- ustalenie optymalnych metod wbudowania wyżej wymienionych materiałów w obiekty, w celu zapewnienia ich bezawaryjnej pracy w jak najdłuższym okresie użytkowania, wraz z metodami oceny poprawności realizacji tych robót. Moim zdaniem było to niezbędne z uwagi na trwałość warstw hydroizolacyjnych, ponieważ nawet najlepsze materiały przewidziane do ich wykonania nie zapewnią oczekiwanej szczelności, jeżeli proces ich wbudowywania w obiekt nie zostanie prawidłowo wykonany.

Wnioski te podsumowałam w trzech monografiach wymienionych powyżej [1,2,3], a część z nich podałam w rozdziałach monografii wymienionych w pozycjach [4,5].

Prezentowane publikacje mają zastosowanie zarówno w procesie dydaktycznym na wydziałach budownictwa i architektury, przydatne są również dla inwestorów, projektantów i wykonawców robót hydroizolacyjnych. Dodatkowo, praktycznym efektem wyżej wymienionych prac jest sześć zeszytów warunków technicznych wykonania i odbioru robót, opracowanych z wykorzystaniem wyników prowadzonych przeze mnie prac badawczych. Publikacje te wydanych przez ITB (wymienionych w załączniku nr 4), stosowane są na szeroką skalę przez wszystkich uczestników procesu budowlanego w Polsce i często w innych krajach, jako kompendium wiedzy w zakresie hydroizolacji.

#### 4.2.2. Główne kierunki badań

Trwałe zabezpieczenie budynku przed działaniem wody opadowej, wody zgromadzonej w gruncie i wilgoci wiąże się, co przedstawiłam powyżej, z zapewnieniem dwóch głównych elementów:

- materiałów, których właściwości są odpowiednie do przeniesienia obciążeń użytkowych działających na obiekty,
- prawidłowego wbudowania materiałów hydroizolacyjnych.

Podczas pracy zawodowej, licząc od momentu uzyskania stopnia doktora nauk technicznych, wniosłam istotny wkład w rozwój obu tych kierunków.

Na przestrzeni ostatnich 50 lat następowała znaczna ewaluacja rynku materiałów hydroizolacyjnych, co pozwoliło mi na udział w uszczegółowieniu wymagań dotyczących ich właściwości użytkowych, również w zakresie trwałości. Wraz z wejściem Polski do Unii Europejskiej również w naszym kraju zaczęły pojawiać się nowe grupy wyrobów/materiałów, a istniejące materiały zastępowano wyrobami należącymi do tych samych grup asortymentowych, lecz produkowanych z wykorzystaniem różnych metod modyfikacji surowców. Niestety tym nowym wyrobom nie towarzyszyły żadne ustalone wymagania techniczne, umożliwiające ocenę ich przydatności użytkowej. W takiej sytuacji niezbędne było opracowanie dla nich wspomnianych wymagań technicznych, aby Polska nie stała się rynkiem, na który trafiają materiały najniższej jakości. W związku z tym przystąpiłam, wraz z zespołem, do realizacji laboratoryjnych prac badawczych, (wymienionych w załączniku 4), które doprowadziły do ustalenia właściwości użytkowych dla nowych wyrobów/materiałów, gwarantujących wymaganą trwałość w warunkach użytkowych. Prace te dotyczyły głównych grup wyrobów hydroizolacyjnych, tzn. pap, folii z tworzyw sztucznych i kauczuku, mas hydroizolacyjnych (tzn.: asfaltowych - wodnych i rozpuszczalnikowych, wyrobów hydroizolacyjnych na bazie cementu, mas polimerowych oraz grubowarstwowych mas bitumiczno-polimerowych), dachówek ceramicznych i cementowych oraz wyrobów do wykonywania poziomych izolacji przeciwwilgociowych metodami iniekcyjnymi. Określenie tych wartości pozwoliło na odpowiedni dobór wyrobów hydroizolacyjnych do konkretnych warunków obciążeń użytkowych, jako nierozzerwalnego elementu trwałości wykonywanych zabezpieczeń wodochronnych. Początkowo wartości te były publikowane jedynie w

wydawnictwach ITB, a następnie aby mogły dotrzeć do szerszej grupy odbiorców zostały przede mną zamieszczone również w kolejnych publikacjach [1-4].

Wiedzę uzyskaną w ramach wymienionych badań wykorzystałam również do czynnego uczestnictwa w opracowywaniu norm krajowych i europejskich dla tych nowych grup materiałów hydroizolacyjnych. Współpracowałam w tym zakresie z PKN jako członek, a później przewodnicząca dwóch komitetów technicznych tzn.: KT 214 i KT 234. W ramach tych komitetów byłam delegowana również do współpracy z CEN przy opracowywaniu projektów norm europejskich. Brałam udział, między innymi, przy tworzeniu projektów pierwszych wersji norm: EN 490:1994, dotyczącej dachówek cementowych i EN 1927:2001, dotyczącej badań starzeniowych folii z tworzyw sztucznych i kauczuku. Jestem również autorką normy PN-B-02361:2010, pt. *Pochylenia połączeń dachowych*. Niestety, w ostatnim dwudziestoleciu, współpraca w ramach normalizacji europejskiej uległa znacznemu osłabieniu. Działania te oprowadziły do liberalizacji, a nawet odważyć się stwierdzić - wypaczenia zapisów zawartych w tworzonych dokumentach normalizacyjnych. Wypaczenia te polegały na zastąpieniu ustalonych wartości wymagań określeniami: MLV i MDV, tzn.:

- MLV (manufacturer's limiting value), czyli wartość graniczna określona przez producenta, która powinna być osiągnięta w badaniach (maksymalna lub minimalna, w zależności od rodzaju badania),

- MDV (manufacturer's declared value), czyli wartość deklarowana przez producenta z określoną tolerancją.

Brak jakichkolwiek wymagań dla większości istotnych zasadniczych charakterystyk pozwala na pozytywną ocenę wyrobów i wprowadzenie ich do obrotu, pomimo, że wyroby te często charakteryzują się właściwościami nie gwarantującymi bezawaryjnego przeniesienia obciążeń, na które narażony jest obiekt w warunkach eksploatacyjnych. Nieświadomi tych działań odbiorcy, w tym również projektanci i wykonawcy robót budowlanych, otrzymując dokumenty dopuszczające do obrotu wystawiane przez producentów, nie mając ustalonych wymagań dla danej grupy wyrobów nie podejrzewają nawet, że wyroby te nie gwarantują wymaganej trwałości w warunkach użytkowania. By ograniczyć bałagan techniczny wynikający z takich zapisów w europejskich dokumentach normalizacyjnych wprowadzonych do zbioru norm krajowych, rozszerzyłam zakres prowadzonych przede mną badań. Badania te zakończyły się: podziałem na podgrupy głównych grup wyrobów hydroizolacyjnych, a następnie ustaleniem dla każdej z nich zalecanych wartości dla zasadniczych charakterystyk, gwarantujących optymalną trwałość wyrobów w warunkach eksploatacyjnych.. Przykładowe efekty tej pracy przedstawiłam poniżej w tablicach 1 i 2, tylko jednej zasadniczej charakterystyki, wybranej z kilkudziesięciu zbadanych i zaproponowanych wartości. Już na podstawie tej jednej właściwości widać jak bardzo istotna była omawiana praca badawcza i jak znamienne są jej wyniki dla zapewnienia trwałości wykonywanych warstw hydroizolacyjnych. Na przykładzie zaledwie jednej zasadniczej charakterystyki jaką są właściwości mechaniczne przy rozciąganiu dla pap i folii z tworzyw sztucznych, dla której w europejskich dokumentach normalizacyjnych brak jest zalecanych wartości, widoczne jest jak drastyczne mogą być różnice we właściwościach wyrobów wchodzących w skład tej samej grupy asortymentowej.

**Tabela 1. Zalecane przez mnie wartości właściwości mechanicznych przy rozciąganiu dla pap na różnych osnowach**

Właściwości mechaniczne przy rozciąganiu	Papy na osnowie:				
	poliestrowej	z tkaniny szklanej	mieszanej poliestrowo-szklanej	welon i/lub włóknina szklana	z tektury budowlanej
Maksymalna siła rozciągająca, N:					
– wzdłuż	≥ 800	≥ 900	≥ 600	≥ 300	
– w poprzek	≥ 600	≥ 900	≥ 500	≥ 200	
– średnia z dwóch kierunków					≥ 315
Wydłużenie przy maksymalnej sile rozciągającej, %					
– wzdłuż,	> 40	> 2	> 2	≥ 2	
– w poprzek	> 40	> 2	> 2	≥ 2	
– średnia z dwóch kierunków					> 2

**Tablica 2. Zalecane przez mnie wartości właściwości mechanicznych przy rozciąganiu dla folii z tworzyw sztucznych i kauczuku**

Właściwości mechaniczne przy rozciąganiu	Folia bez wzmocnienia	Folia ze wzmocnieniem (zbrojona, laminowana)		
		włóknami polimerowymi	włóknami szklanymi	mieszanymi
<b>dla materiałów z tworzyw sztucznych</b>				
Maksymalne naprężenie rozciągające wzdłuż i w poprzek, N/mm <sup>2</sup>	≥15			
Wydłużenie przy maksymalnej sile rozciągającej w kierunku podłużnym i poprzecznym, %	≥250	-		-
Maksymalna siła rozciągająca w kierunku podłużnym i poprzecznym, N/50mm	-	tkanymi ≥800, nie tkanymi ≥650	≥500	≥500
Wydłużenie przy maksymalnej sile rozciągającej w kierunku podłużnym i poprzecznym, %	-	tkanymi ≥15, nie tkanymi ≥40	≥2	≥40
<b>dla materiałów na bazie kauczuku</b>				
Maksymalne naprężenie rozciągające wzdłuż i w poprzek, N/mm <sup>2</sup>	≥6			
Wydłużenie przy maksymalnej sile rozciągającej w kierunku podłużnym i poprzecznym, %	≥300	-		-
Maksymalna siła rozciągająca w kierunku podłużnym i poprzecznym, N/50mm	-	≥400	≥250	≥400
Wydłużenie przy maksymalnej sile rozciągającej w kierunku podłużnym i poprzecznym, %	-	tkanymi ≥15, nie tkanymi ≥40	≥2	≥40

Autorskie wymagania dla materiałów hydroizolacyjnych zostały przez mnie uzupełnione o zasady wbudowywania tych wyrobów w obrębie izolacji części podziemnych budynków,



pokryć dachowych oraz izolacji tarasów i balkonów, opracowane na podstawie zarówno doświadczeń laboratoryjnych jak też badań in-situ prowadzonych na obiektach budowlanych. Właśnie na podstawie wieloletnich doświadczeń zdobytych podczas przeglądów i badań obiektów budowlanych, stworzyłam zestawienie typowych nieprawidłowości często notowanych w praktyce budowlanej, oraz opracowałam zalecenia dotyczących metod ich naprawy, zamieszczając je m.in. w publikacjach [1,2,3]. Dodatkowo w odniesieniu do tradycyjnych przekryć dachowych w publikacji [2] zaproponowałam odejście od tradycyjnego podziału na pokrycia stosowane na dachach płaskich i dachach stromych, gdyż część wyrobów może być układana w obu tych wariantach, na przykład papy i blachy. Proponując dodatkowy, autorski podział pokryć dachowych na: elastyczne pokrycia dachowe i tzw. nieciągle pokrycia dachowe, wprowadzałam rozwiązania przyjęte przez CEN przy wyborze komitetów technicznych zajmujących się opracowywaniem norm wyrobów. Termin *nieciągle pokrycia dachowe* nie oznacza, że pokrycia takie mogą być układane w sposób bezładny, niegwarantujący szczelności na działanie wody, lecz jedynie fakt, że wyroby te nie są klejone na zakładach. Zapewnienie szczelności po ułożeniu ich w pokryciach dachowych gwarantowane jest przez poprawne wykonanie zakładek poszczególnych profili, płyt, kształtek, dachówek itp.

Jak już wcześniej wspomniałam powyżej, prace związane z oceną warstw hydroizolacyjnych zaczęłam od sformułowania wymagań dla materiałów, które umożliwiają ich klasyfikację w omawianym zakresie. By uzupełnić powyższe analizy, przez cały okres mojej działalności zawodowej prowadzę dodatkowe badania (wymienione w załączniku nr 4) zmierzające do porównania trwałości różnych grup wyrobów hydroizolacyjnych w konkretnych warunkach obciążeń użytkowych. Jak wiadomo ocena trwałości może być realizowana w dwojaki sposób. Pierwsza metoda to korelacja przewidywanego okresu użytkowania w warunkach naturalnych z wynikami laboratoryjnych badań starzeniowych. Metoda druga to porównanie odporności na działanie tych samych czynników użytkowych w odniesieniu do różnych grup wyrobów, lecz przeznaczonych do pełnienia tych samych funkcji w obiekcie budowlanym, w celu określenia, materiałów najlepiej przenoszących założone obciążenia. W odniesieniu do rozwiązań hydroizolacyjnych przyjąłam tę drugą metodę oceny trwałości, ponieważ w każdej grupie wyrobów przeznaczonych do tych samych zastosowań asortyment jest bardzo zróżnicowany. W związku z tym uznałam, że ewentualna korelacja pomiędzy rzeczywistym okresem użytkowania i wynikami badań laboratoryjnych będzie dotyczyć jedynie badanego przedstawiciela grupy, a nie całej grupy, a z naukowego punktu widzenia ciekawszym jest porównanie trwałości różnych grup materiałów, aby dla rozpatrywanego obiektu wybrać najkorzystniejsze rozwiązanie. Prowadząc prace badawcze w tym zakresie wykorzystywałam posiadany w ITB laboratoryjny warsztat badawczy, jak też wyniki badań prowadzonych bezpośrednio na obiektach budowlanych. W publikacjach zgłoszonych w cyklu przedstawiłam m.in. efekty prowadzonych przez mnie wybranych badań trwałości izolacji części podziemnych budynków, pokryć dachowych, oraz izolacji tarasów i balkonów, uwzględniając następujące uwarunkowania:

- w przypadku izolacji części podziemnych budynków - ocenę odporności na agresywne działanie wód gruntowych, cykliczne zamrażanie/rozmarzanie i działanie podwyższonej temperatury w obecności wody, dla wybranych przedstawicieli ośmiu grup wyrobów hydroizolacyjnych, najczęściej stosowanych jako hydroizolacje części podziemnych budynków, tzn.: pap asfaltowo-polimerowych, folii z tworzyw sztucznych na bazie PVC, folii z tworzyw sztucznych na bazie polietylenu, folii na bazie kauczuku, powłok polimerowo-cementowych, grubowarstwowych powłok polimerowo-bitumicznych, powłok bitumiczno-polimerowych, powłok polimerowych. Badania te uzupełniłam o ocenę wpływu znacznej chłonności wody przez

grubowarstwowe powłoki bitumiczno-polimerowe na trwałość tak wykonanej warstwy hydroizolacyjnej,

- w przypadku analiz trwałości pokryć dachowych - prace badawcze koncentrowały się zarówno na pokryciach stosowanych w układach tradycyjnych, jak też na coraz częściej stosowanych pokryciach o odwróconym układzie warstw, stwarzających liczne problemy użytkowe, wynikające z przemarzania przekryć po kilku latach użytkowania obiektu. W przypadku tradycyjnego układu warstw porównałam trwałość pokryć wykonanych z materiałów rolowych typu: papa, folia PVC i folia na bazie kauczuku, w zakresie czterech wybranych właściwości użytkowych:

- odporności na przebicie statyczne,
- odporności na przebicie dynamiczne,
- odporności na przebicie w wyniku działania gradu,
- odporności na ssące działanie wiatru,

Uzupełnieniem tych analiz była ocena wpływu zmiany barwy i spękania powierzchni dachówek cementowych na trwałość wodoszczelności, tzn. problemów coraz częściej zgłaszanych przez użytkowników,

- w przypadku izolacji tarasów i balkonów - oceny prowadziłam dwutorowo, tzn. zarówno w odniesieniu do głównej izolacji wodochronnej tarasu, jak też w odniesieniu do izolacji podpłytkowej, stanowiącej warstwę uzupełniającą - w przypadku tarasów i podstawową w odniesieniu do balkonów. Biorąc pod uwagę warunki pracy tarasów przy ustaleniu sposobu symulacji obciążeń użytkowych przyjąłam, że izolacja ta powinna wykazywać wysoką wytrzymałość mechaniczną na rozciąganie, przy jednocześnie wysokiej elastyczności zarówno w wysokich jak i niskich temperaturach użytkowych. Pracę takiej izolacji oceniłam więc w badaniu odporności na zmęczenie w najniekorzystniejszym miejscu, tzn. nad przerwą roboczą warstwy podłoża. W zmiennych temperaturach: dodatnich i ujemnych (-15°C i +70°C) symulowałam powtarzalne cykle otwarcia i zamknięcia szczeliny utworzonej pomiędzy płytami podłoża, na powierzchni którego ułożone były warstwy hydroizolacyjne. Przyjęty zakres poziomych ruchów płyt wynosił od 0 do 2mm. Uzupełniająco oceniłam wartości właściwości mechanicznych przy rozciąganiu badanych wyrobów hydroizolacyjnych, tzn. maksymalnej siły rozciągającej i wydłużenia przy maksymalnej sile oraz odporność na działanie obciążeń skupionych, zarówno statycznych jak i dynamicznych. Do badań porównawczych zastosowałam materiały rolowe typu: papa, folia PVC i folia na bazie kauczuku, oraz materiały przeznaczone do wykonywania powłok, w tym powłoki polimerowo-cementowe i polimerowe, zarówno wzmacniane wkładkami zbrojącymi jedynie nad przerwami termicznymi płyt podłoża jak też zbrojone na całej powierzchni. W odniesieniu do izolacji podpłytkowych podjęłam udaną próbę wyjaśnienia przyczyny częstego odspajania się płytek ceramicznych stanowiących warstwę wykończeniową balkonów, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu zastosowanego rodzaju wyrobu hydroizolacyjnego na przyczepność zestawu: podłoże betonowe - hydroizolacja - klej do płytek - płytka ceramiczna. Badania prowadziłam w warunkach zmiennych temperatur tj. poniżej i powyżej 0°C, w obecności wody. W badaniach określiłam również czy utrata przyczepności warstwy wykończeniowej wpływa na trwałość warstwy hydroizolacyjnej w nawierzchni tarasowej.

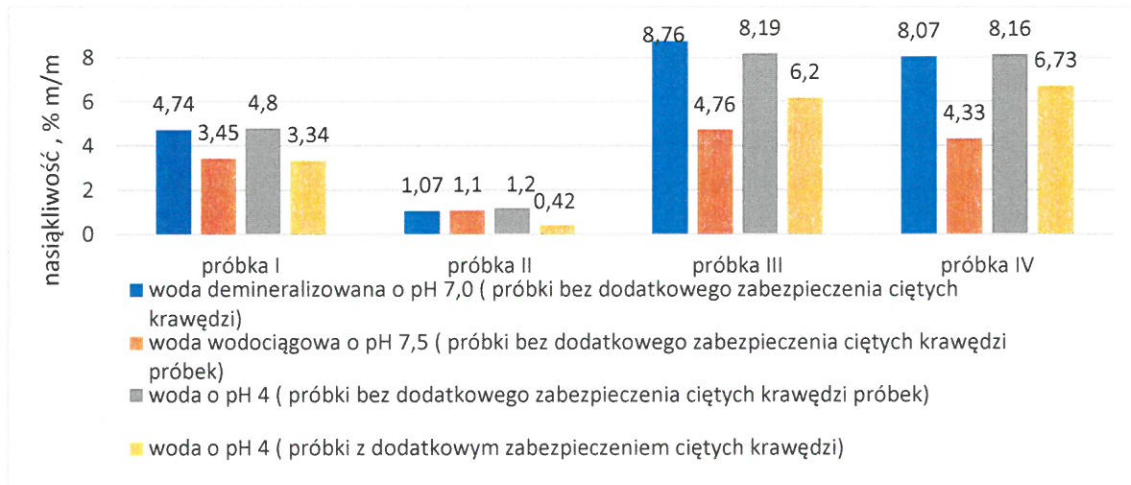
Z przedstawionego zestawienia widoczne jest, że nawet wybrany na potrzeby niniejszej prezentacji fragment prac prowadzonych przeze mnie w zakresie trwałości rozwiązań hydroizolacyjnych jest bardzo szeroki. Aby ograniczyć objętość autoreferatu, a jednocześnie zaprezentować sposób prowadzenia przez mnie prac badawczych i mechanizmów wykorzystywanych do wnioskowania, poniżej przedstawiłam jedynie najciekawsze - moim zdaniem - podsumowania z przeprowadzonych badań i analiz.

### A. Trwałość grubowarstwowych izolacji powłokowych stosowanych w częściach podziemnych budynków

Jedną z grup materiałów hydroizolacyjnych znajdującą coraz szersze zastosowanie w budownictwie do wykonywania izolacji części podziemnych budynków są grubowarstwowe powłoki bitumiczno-polimerowe. Produkcja tych materiałów zaczęła się w Niemczech, lecz dość szybko przyjęły się one także w całej Europie. Powłoki wykonywane z tych mas, o grubości powyżej 3mm, wykonywane są z materiałów zarówno jedno- jak i dwuskładnikowych. Składnik płynny może zawierać zarówno wypełniacz gruboziarnisty, o wielkości ziarna dochodzącej do 1mm, jak też wypełniacz drobnoziarnisty. Niestety materiały te charakteryzują się kilkoma nietypowymi właściwościami, tzn. wysoką nasiąkliwością dochodzącą nawet do kilkudziesięciu procent, znaczną podatnością na odkształcenia oraz sygnalizowanym w literaturze technicznej, wypłukiwaniem przez wody gruntowe, przyczyniając się do ich zanieczyszczenia. Z punktu widzenia trwałości powłok hydroizolacyjnych wykonanych z tych wyrobów istotnym problemem jest więc ocena wpływu nasiąkliwości na wodoszczelność zastosowanego rozwiązania, w efekcie działania wód gruntowych o różnych wartościach pH. Celem prac badawczych prowadzonych pod moim kierownictwem i z moim udziałem były oceny:

- nasiąkliwości omawianych wyrobów zarówno metodą całkowitego zanurzenia w wodzie o zmiennym odczynie pH: 4,0, 7,0 i 7,5, jak też porównawczo, w efekcie jednostronnego działania wody demineralizowanej, pod sukcesywnie podwyższanym ciśnieniem aż do 0,5MPa,
- podatności na zwilgocenie powłok zarówno w rejonie miejscowych uszkodzeń powierzchni jak też w rejonie ciągłej warstwy hydroizolacyjnej,
- sposobu dystrybucji wilgoci pochłanianej przez powłoki pod kątem oceny czy wilgoć zatrzymywana jest wewnątrz takiej warstwy hydroizolacyjnej, lub czy jest przyczyną zawilgocenia podłoża na którym powłoka ta jest ułożona.

Przy wyborze materiałów do badań kierowałam się potrzebą porównania właściwości materiałów wchodzących w skład wszystkich wymienionych grup asortymentowych. Po wstępnych badaniach przesiewowych szeregu materiałów należących do tych grup, do dalszych badań wytypowałam reprezentatywne cztery materiały będące ich przedstawicielami, tzn. trzy materiały dwuskładnikowe (oznaczone I, III, IV) i jeden jednoskładnikowy (oznaczony II). W obu grupach wybrałam po jednym przedstawicielu materiałów z gruboziarnistym wypełniaczem polistyrenowym (oznaczone I i II), o wielkości ziarna rzędu 1mm, często stosowanym zarówno w materiałach dwuskładnikowych jak też w jednoskładnikowych. Dwie pozostałe próbki to materiały dwuskładnikowe z wypełniaczem, o tradycyjnym uziarnieniu, tzn. rzędu 0,075mm (oznaczone III i IV). Podsumowujące zestawienie uzyskanych wyników badań nasiąkliwości przedstawiłam graficznie na rysunku 2.



**Rysunek 2.** Porównawcze zestawienie nasiąkliwości próbek w wodzie demineralizowanej i wodociągowej

Wykonane badania pozwoliły na stwierdzenie, że odczyn pH wody ma istotny wpływ na nasiąkliwość grubowarstwowych powłok bitumiczno-polimerowych. Największe wartości nasiąkliwości notowane są w środowisku kwaśnym, przy pH wody rzędu 4, przyjętym do oceny odporności substancji budowlanej na działanie warunków gruntowo-wodnych. Zmiana pH wody w kierunku środowiska zasadowego (z 7,0 na 7,5) w sposób zdecydowany obniża chłonność wody przez badane powłoki. Działanie wody demineralizowanej i wody o pH 4 ( dla próbek bez dodatkowego zabezpieczenia ciętych krawędzi) przyczynia się do największego wzrostu nasiąkliwości trzech dwuskładnikowych grubowarstwowych powłok bitumiczno-polimerowych i są to wartości znacznie wyższe niż te uzyskane w przypadku zanurzenia powłok w wodzie wodociągowej. Jedynie w przypadku powłoki jednoskładnikowej (próbka nr II) obie wartości są na zbliżonym poziomie. W omawianym przypadku struktura ciętych krawędzi próbek bez dodatkowego zabezpieczenia nie ma wpływu na zwiększenie nasiąkliwości powłoki po 24 godzinnym działaniu zarówno wody demineralizowanej o pH 7,0, wody wodociągowej, o pH 7,5, jak też wody o pH 4, uzyskując wartości odpowiednio 1,07%, 1,1% i 1,2%. Zdecydowanie niższe wartości nasiąkliwości powłoki jednoskładnikowej (próbka nr II) uzyskano po moczeniu w wodzie o pH 4, próbek z ciętymi krawędziami zabezpieczonymi dodatkowo woskiem, tzn. 0,42%. W tym przypadku widać wyraźnie, że dla powłoki jednoskładnikowej z gruboziarnistym wypełniaczem polistyrenowym to otwarta struktura krawędzi powłoki ma zasadniczy wpływ na wzrost jej nasiąkliwości. Powyższe stwierdzenie nie znajduje odzwierciedlenia w przypadku powłoki dwuskładnikowej również z gruboziarnistym wypełniaczem polistyrenowym (próbka nr I). Oczywiście nasiąkliwość próbek powłoki z zabezpieczonymi ciętymi krawędziami w wodzie o pH 4 jest w tym przypadku niższa, niż próbek bez dodatkowego zabezpieczenia ciętych krawędzi narażonych na działanie tego samego środowiska (odpowiednio 3,34% i 4,8%), lecz obniżenie to jest na poziomie 30%, a nie jak w przypadku powłoki jednoskładnikowej na poziomie 65% wartości maksymalnej. Materiały z gruboziarnistym wypełniaczem poliestrowym wykazują niższą podatność na wchłanianie wody niż materiały z innymi rodzajami wypełniacza, co jest szczególnie widoczne w przypadku wyrobów jednoskładnikowych. Ten sam rodzaj wypełniacza wpływa zdecydowanie negatywnie na wzrost nasiąkliwości wyrobu dwuskładnikowego (próbka nr I), poddanego działaniu wody o różnym odczynie pH, w porównaniu z wartościami uzyskiwanymi dla wyrobu jednoskładnikowego (próbka nr II). Można więc domniemywać, że otoczenie ziaren wypełniacza gruboziarnistego masą bitumiczną, w składzie której podczas procesu produkcyjnego dodawany jest składnik sypki, jest skuteczniejsze z punktu widzenia obniżenia nasiąkliwości powłoki, niż zastosowanie takiego samego wypełniacza w wyrobie

dwuskładnikowym, gdy składnik sypki mieszany jest z masą bitumiczno-polimerową podczas aplikacji na powierzchnię podłoża.

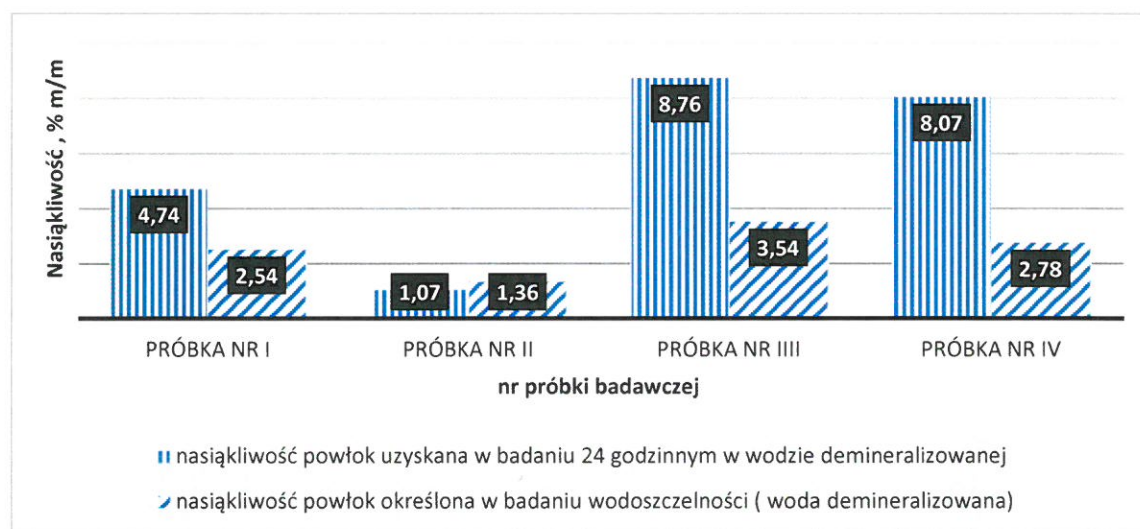
Ze względu na stwierdzony wzrost nasiąkliwości grubowarstwowych powłok bitumiczno-polimerowych podczas ich całkowitego zanurzenia w wodzie demineralizowanej, w kolejnym etapie pracy podjęłam próbę oceny, co później dzieje się z wodą wchłoniętą przez powłokę. Z użytkowego punktu widzenia ocenie podlegały dwa prawdopodobne przypadki, tzn. przekazywanie wody zgromadzonej w obrębie powłoki dalej na podłoże, na którym warstwa ta jest ułożona, lub zamknięcie wody w obrębie struktury powłoki. W celu odpowiedzi na powyższe pytanie wykonałam uzupełniające badania wodoszczelności powłok ułożonych na podłożu betonowym pod sukcesywnie zwiększonym ciśnieniem, aż do 0,5MPa (tzn. utrzymywanym na poziomie 0,1MPa przez 7dni a następnie zwiększonym o 0,1MPa co 24 godz., aż do 0,5MPa), oceniając równolegle nasiąkliwość tych powłok, lecz tym razem w efekcie działania wody demineralizowanej o pH 7,0, działającej pod zwiększonym ciśnieniem. Wartość 0,5MPa odpowiada wysokości słupa wody rzędu 50m i jej przekroczenie w warunkach rzeczywistych jest raczej niemożliwe, nie widziałam więc potrzeby kontynuowania badań powyżej tego poziomu. Wyniki tych badań podano w tablicy 3.

**Tablica 3. Wyniki badania wodoszczelności powłok wraz z oceną poziomu ich zawilgocenia**

Nr próbki badawczej	Wodoszczelność, brak przecieku przy ciśnieniu, MPa	Podłoże betonowe pod warstwą powłoki po skończonym badaniu	Nasiąkliwość powłok po skończonym badaniu wodoszczelności, % m/m/ współczynnik zmienności, %
I	≤0,5	Brak zawilgocenia	2,54 /4,17
II	≤0,5	Brak zawilgocenia	1,36/9,71
III	≤0,5	Brak zawilgocenia	3,54/2,53
IV	≤0,5	Brak zawilgocenia	2,78/3,69

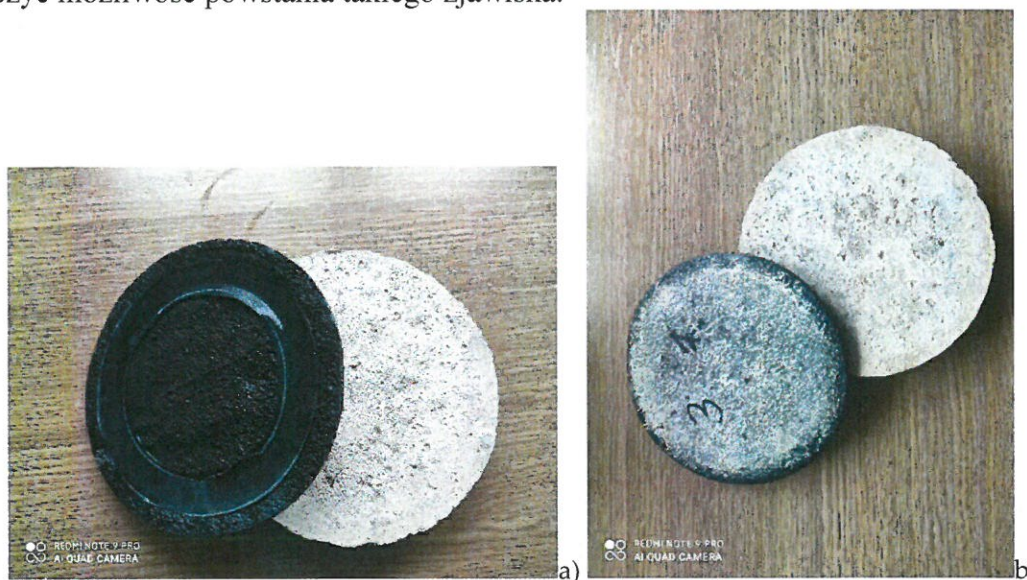
Po skończonym badaniu wodoszczelności w żadnym z badanych przypadków nie stwierdziłam przecieków wody przez powłokę przy ciśnieniu do 0,5MPa. Podłoża betonowe po zdjęciu powłok były również suche. Próbki powłok zdjęte z podłoży betonowych oceniłam dodatkowo pod kątem nasiąkliwości, tym razem powstałej w efekcie długotrwałego, jednostronnego działania wody pod ciśnieniem. Wyniki tych badań porównałam z wartościami nasiąkliwości powłok w badaniu 24 godzinnych prowadzonym na próbkach bez dodatkowego zabezpieczenia ciętych krawędzi, zanurzonych ze wszystkich stron w wodzie demineralizowanej. Porównawcze zestawienie uzyskanych wyników przedstawiłam graficznie na rysunku 3. Stwierdziłam, że jednostronne działanie wody demineralizowanej pod sukcesywnie podwyższonym ciśnieniem o 0,5MPa jest przyczyną niższej nasiąkliwości badanych powłok niż działanie wody przez 24 godziny na próbki wycięte z większego arkusza i swobodnie ułożone w zbiorniku z wodą demineralizowaną. Jedynie w przypadku powłoki wykonanej z masy jednoskładnikowej, z gruboziarnistym wypełniaczem poliestrowym, tendencja ta ulega zmianie i woda pod ciśnieniem powoduje wyższą nasiąkliwość niż woda wodociągowa o pH 7,5, woda demineralizowana o pH 7,0 i woda o pH 4, działające w formie zwierciadła swobodnego. Różnice te są jednak na tyle nieznaczne, że mieszczą się w granicach błęd pomiaru. W przypadku jednostronnego długotrwałego działania wody demineralizowanej, w tym wody pod ciśnieniem, uzyskane wartości nasiąkliwości grubowarstwowych powłok bitumiczno-polimerowych są znacznie niższe niż te stwierdzone podczas całkowitego zanurzenia próbek w wodzie. Ponieważ w warunkach użytkowych powłoki takie są zawsze narażone na jednostronne opłukiwanie przez wodę, co pozwala domniemywać, że problem

nasiąkliwości ww. wyrobów w warunkach naturalnych powinien być też znacznie ograniczony w porównaniu z wynikami badań laboratoryjnych dla tych samych wyrobów, na próbkach narażonych na całkowite zanurzenie w wodzie.



**Rysunek 3.** Zestawienie wyników nasiąkliwości powłok uzyskanych różnymi metodami badawczymi

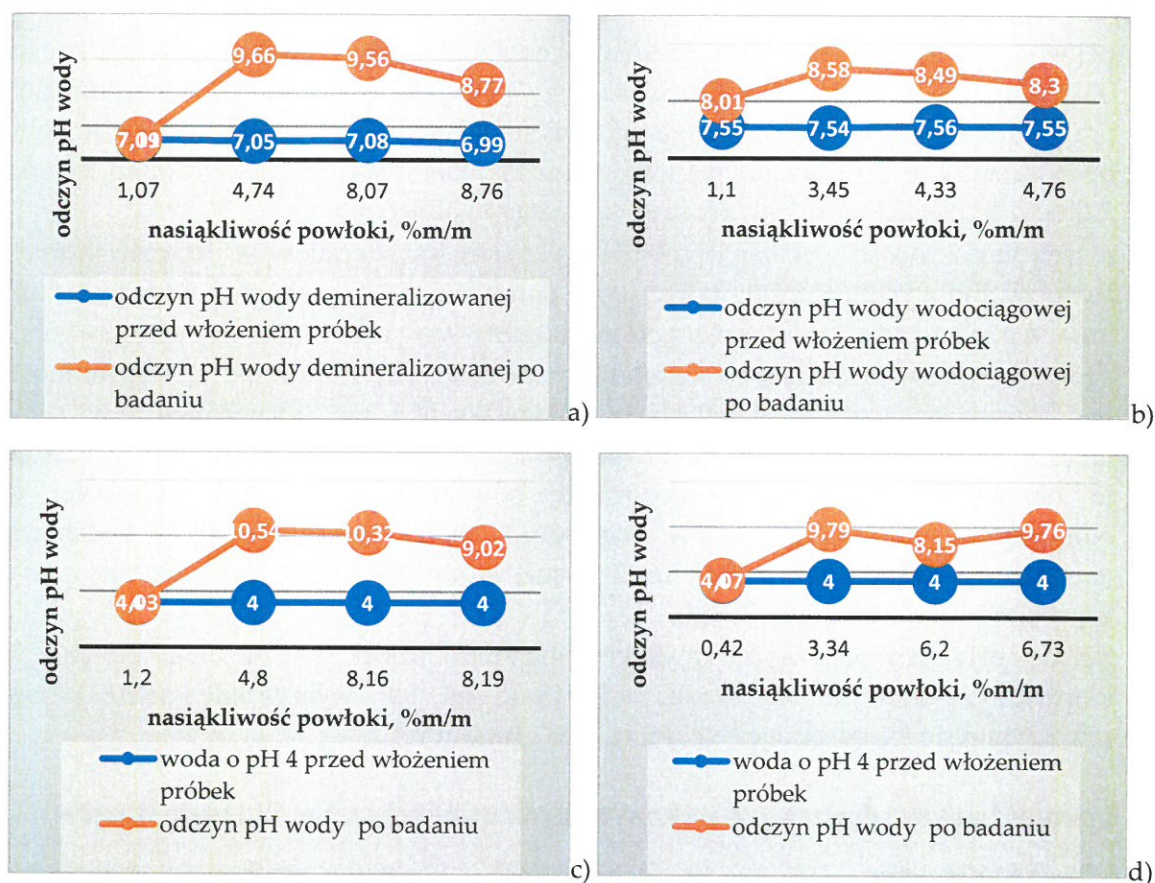
Z uwagi na znaczną podatność na odkształcenia powstające w miejscach punktowych obciążeń grubowarstwowych powłok bitumiczno-polimerowych, w rejonie ułożenia pierścienia uszczelniającego stanowiącego element urządzenia do badania wodoszczelności powstały koliste wgłębienia na wierzchniej stronie próbek, pokazane na rysunku 4. Odkształcenia te mogą stanowić przyczynę obniżenia poziomu wodoszczelności powłok w tych obszarach. Fakt ten potwierdza potrzebę osłony powierzchniowej powłok wykonywanych z grubowarstwowych mas bitumiczno-polimerowych, aby w warunkach eksploatacyjnych ograniczyć możliwość powstania takiego zjawiska.



**Rysunek 4.** Widok próbek po skończonym badaniu wodoszczelności: a) wierzchnia strona próbki po zdjęciu z podłoża betonowego, b) spodnia strona próbki. Obok widoczne podłożo betonowe

Kolejnym etapem badań była ocena faktu ewentualnego wypłukiwania powłok przez wody gruntowe. Stwierdziłam, że po 24 godzinnym moczeniu próbek grubowarstwowych powłok

bitumiczno-polimerowych nastąpiła wyraźna zmiana odczynu pH wody po wyjęciu próbek, co pokazałam graficznie na rysunku 5.



**Rysunek 5.** Porównawcze zestawienie zmiany odczynu pH wody po skończonym badaniu w porównaniu z wartością pH przed włożeniem próbek

- dla wody demineralizowanej,
- dla wody wodociągowej,
- wody o pH 4 w badaniu próbek bez zabezpieczonych ciętych krawędzi
- wody o pH 4 w badaniu próbek z zabezpieczonymi ciętymi krawędziami

Odczyn odcieków powstałych podczas zanurzenia próbek grubowarstwowych powłok bitumiczno-polimerowych w wodnym roztworze o różnych wyjściowych wartościach pH, tzn: 4,0, 7,0 i 7,5 ulega istotnej zmianie w kierunku zasadowym, co może wskazywać na wypłukiwanie powłok przyczyniając się do zanieczyszczania wód gruntowych. Ponieważ zmiana pH wody wskazuje na wypłukiwanie z powłok cząsteczek o odczynie zasadowym, dodatkowo sprawdziłam czy zjawisko to można wstępnie zaobserwować okiem nieuzbrojonym na powierzchni wody, w formie zmiany jej zabarwienia. We wszystkich badanych przypadkach nie stwierdzono jednak żadnej zmiany barwy wody zastosowanej w badaniach. Stwierdzenia te są zgodne z wnioskami Anya Vollpracht z zespołem, sformułowanymi na podstawie badań powłok prowadzonych w warunkach naturalnych, na istniejących obiektach. W ramach tych badań w odciekach potwierdzono, co prawda, niewielkie ilości związków węglowodorów aromatycznych, za to indeks fenolowy był powyżej granicy wykrywalności.

Omówione wyżej wyniki badań grubowarstwowych powłok bitumicznych modyfikowanych polimerami pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

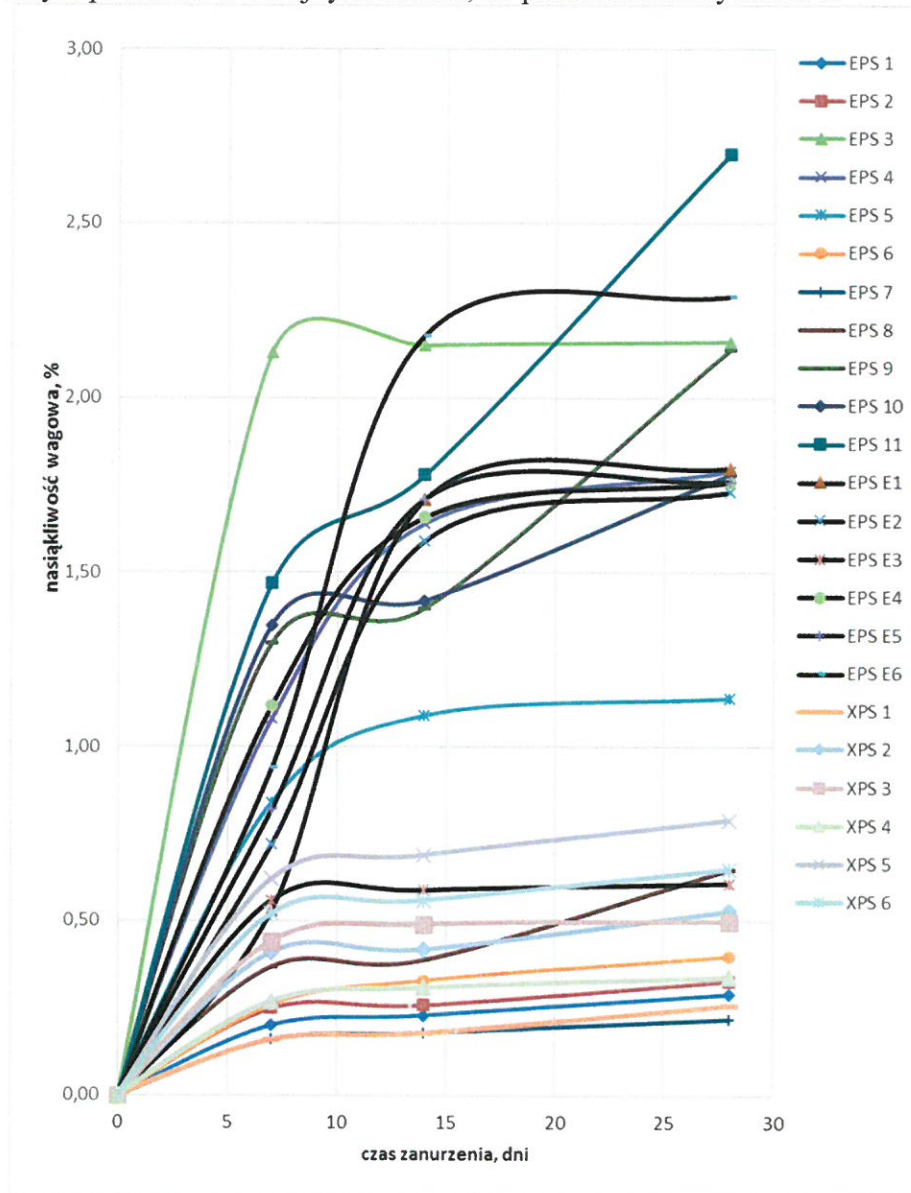
- wilgoć wchłonięta przez badane powłoki zatrzymywana jest w obrębie ich struktury wewnętrznej i nie jest przekazywana na podłoża betonowe, na których są układane,
- pH wody ma istotny wpływ na nasiąkliwość powłok. Najwyższe wartości nasiąkliwości obserwuje się w środowisku kwaśnym, przy pH wody około 4, czyli w warunkach przyjętych do oceny odporności na agresywne działanie wód gruntowych na wyroby budowlane. W przypadku gdy pH wody ulega zmianie w kierunku alkalicznym (tzn. od 7,0 do 7,5) nasiąkliwość powłok ulega znacznemu obniżeniu,
- niższą nasiąkliwość wykazują powłoki wykonane z materiałów w składzie których zastosowano wypełniacz styropianowy, w porównaniu z wyrobami z wypełniaczami innego pochodzenia, co jest szczególnie widoczne w wyrobach jednoskładnikowych,
- ocena nasiąkliwości badanych wyrobów przez całkowite zanurzenie w wodzie może być stosowana jedynie w celach porównawczych i nie odzwierciedla w pełni rzeczywistych obciążeń działających na powłoki w warunkach użytkowych. Wskazuje to na potrzebę modyfikacji stosowanej powszechnie metodyki badawczej w odniesieniu do omawianej grupy wyrobów, poprzez zastosowanie w badaniach jednostronnej ekspozycji próbek na działanie wody. W ramach prowadzonej pracy zaproponowano taką modyfikację,
- odczyn pH wody podczas całkowitego zanurzenia próbek powłok ulega zmianie w kierunku zasadowym, co może wskazywać na ich wymywanie przez wodę, przyczyniające się do zanieczyszczenia wód gruntowych.

## **B. Trwałość pokryć dachowych wykonywanych w odwróconym układzie warstw**

Podczas badań obiektów wykonywanych w ramach ekspertyz naukowo-technicznych związanych z przeciekami przekryć dachowych o odwróconym układzie warstw, już po kilku latach ich użytkowania, coraz częściej występują problemy znacznego zawilgocenia izolacji termicznych wykonanych z wyrobów teoretycznie o bardzo niskiej nasiąkliwości. Możliwość powstania takiego zjawiska sygnalizowana była już pod koniec lat dziewięćdziesiątych XX wieku. Zawilgocone izolacje termiczne sukcesywnie tracą swoje właściwości użytkowe, co przyczynia się do powstania zjawiska przemarzania izolowanych przegród. Podjęłam więc próbę wyjaśnienia mechanizmu wzrostu zawilgocenia izolacji termicznych, w celu ustalenia korelacji pomiędzy podstawowymi właściwościami materiałów termoizolacyjnych, ujętymi w normach wyrobów, a wynikami uzyskiwanymi w ramach badań przyspieszonego starzenia w warunkach laboratoryjnych. Korelacja ta umożliwiłaby opracowanie metody prognozowania poziomu wzrostu zawilgocenia warstw termoizolacyjnych, powstającego podczas eksploatacji stropodachów o odwróconym układzie warstw. Umożliwiłoby to wstępną selekcję wyrobów termoizolacyjnych, zalecanych do stosowania w takich rozwiązaniach, już na etapie procesu budowy. Badania rozpoczęłam od próby ustalenia zależności między wstępną nasiąkliwością wodą określoną przy długotrwałym całkowitym zanurzeniu, (rys.6), a nasiąkliwością określoną po działaniu cyklicznego zamrażania w temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$  i rozmrażania w wodzie o temperaturze  $20^{\circ}\text{C}$ . Do badań mrozoodporności zaadoptowałam cykl temperaturowy opisany w normie PN-EN 12091:2013, lecz badania realizowałam na próbkach wstępnie nasączonych, poddanych uprzednio całkowitemu zanurzeniu w wodzie przez okres 28 dni. Wyniki nasiąkliwości porównałam dodatkowo dla wyrobów o różnych grubościach i gęstościach płyt termoizolacyjnych (rys. 7 i 8). W badaniach zastosowałam płyty polistyrenu ekspandowanego (EPS) o obniżonej nasiąkliwości wodą, i płyty z polistyrenu ekstrudowanego (XPS). Uzyskane



wyniki badań pozwoliły na stwierdzenie, że w efekcie zanurzenia płyt EPS i XPS w wodzie zasadnicze przyrosty zawilgocenia następują już w pierwszych dniach moczenia i utrzymują się na zbliżonym poziomie w kolejnych dniach, co pokazałam na rysunku 6.

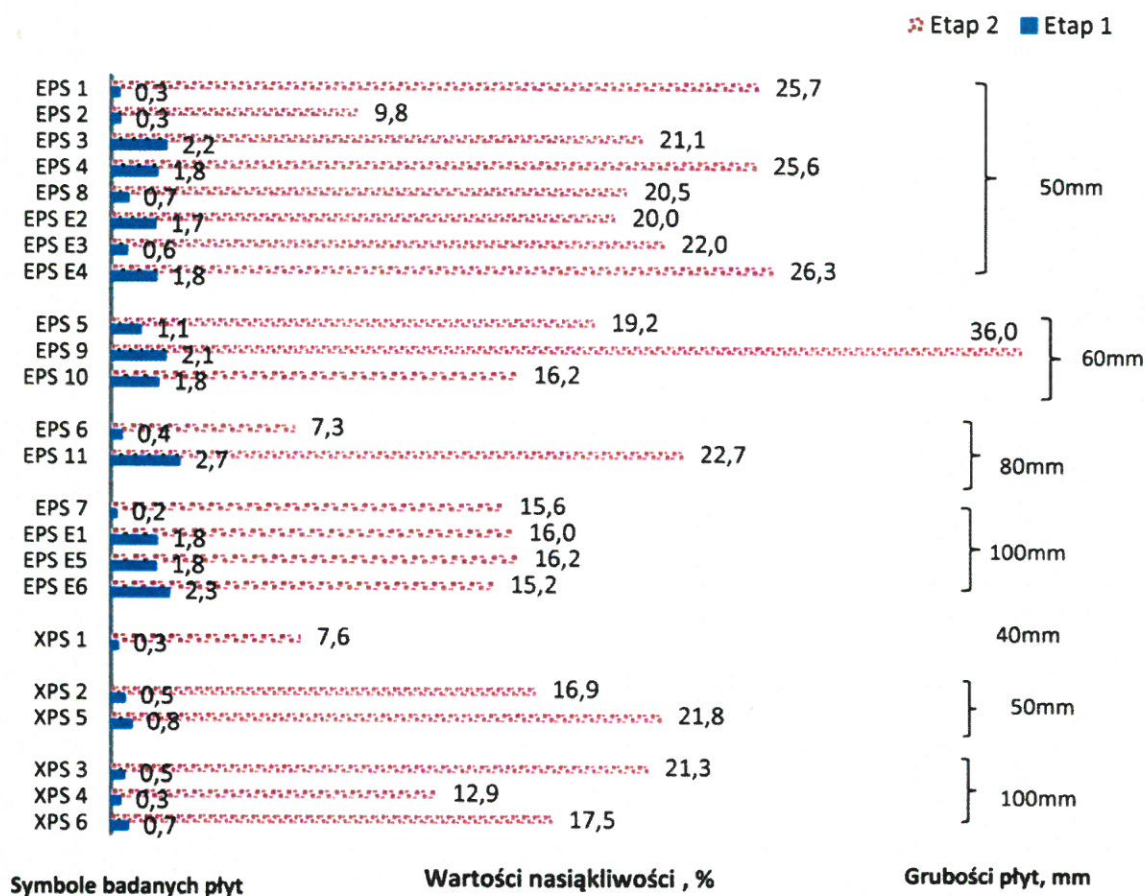


**Rysunek 6.** Tempo przyrostu nasiąkliwości próbek w czasie. Cyfra podana przy symbolu polistyrenu oznacza numer próbki poddanej badaniu

Naprzemienne zamrażanie i rozmrażanie płyt, niezależnie od wielkości wstępnej nasiąkliwości wodą powodują natomiast stały i znaczący przyrost zawilgocenia. Porównanie wyników stopnia zawilgocenia płyt w efekcie całkowitego zanurzenia w wodzie (etap 1) i działania cykli zamrażania – odmrażania (etap 2) z grubością i gęstością płyt EPS i XPS nie pozwala na określenie korelacji w tym zakresie. Zarówno w jednym (rysunek 7) jak i w drugim przypadku (rysunek 8) zdarzają się różne wyniki, np.:

- w płytach grubości 50 mm (EPS 1 i 2) końcowe nasiąkliwości wodą po cyklach zamrażania – rozmrażania wynoszą odpowiednio: 25,7% (najwyższa wartość) i 9,8% (wartość jedna z niższych),

- w płytach EPS 4 o gęstości najniższej (poniżej 20 kg/m<sup>3</sup>) i w płytach EPS 1 o gęstości jednej z wyższych (ok. 31 kg/m<sup>3</sup>) końcowe nasiąkliwości wodą po cyklach zamrażania – rozmrażania są porównywalnie wysokie i wynoszą odpowiednio: 25,6% i 25,7%.



**Rysunek 7.** Wyniki wstępnej nasiąkliwości wodą płyt EPS i XPS (oznaczone jako etap 1) i po cyklach zamrażania-rozmrażania (oznaczone jako etap 2) z odniesieniem do grubości płyt

Badania wykazały, że niezależnie od poziomu wstępnej nasiąkliwości wodą po 28 dniach całkowitego zanurzenia (etap 1), po 300 cyklach zamrażania-rozmrażania (etap 2) stopień zawilgocenia próbek EPS i XPS znacząco wzrasta. Mimo niskiej wstępnej nasiąkliwości wodą ocenionej w warunkach długotrwałego zanurzenia w wodzie o temperaturze dodatniej, odpowiednio:

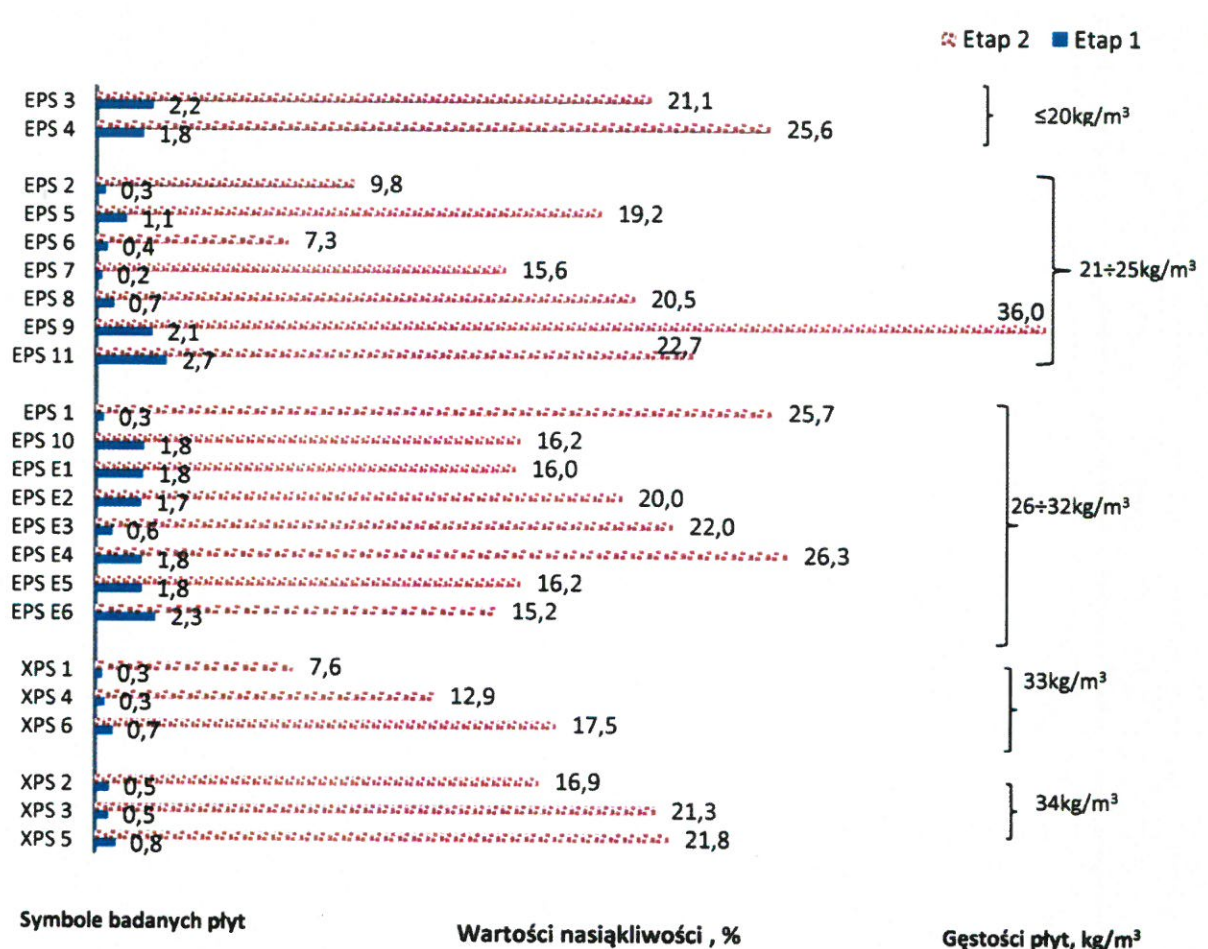
- 0,2÷0,4% w próbkach EPS 1, 2, 6 i 7,
- 0,3÷0,5% w próbkach XPS 1÷4,

końcowa nasiąkliwość wodą tych samych wyrobów po cyklach zamrażania-rozmrażania znacząco się różni wynosząc:

- 7,3÷25,7% w próbkach EPS 1, 2, 6 i 7,
- 7,6÷21,3% w próbkach XPS 1÷4.

Wyniki te nie wskazują, by istniała zależność między nasiąkliwością płyt EPS i XPS po długotrwałym zanurzeniu w wodzie o temperaturze dodatniej, a tą po działaniu cykli zamrażania-rozmrażania. Stwierdziłam, że zawarty w kodzie oznaczenia deklarowanych właściwości niski poziom nasiąkliwości wodą WL(T) nie daje gwarancji, że materiał izolacyjny w trakcie eksploatacji, pod wpływem działania zmiennych czynników atmosferycznych, nie

będzie ulegał nadmiernemu zawilgoceniu. Badane materiały charakteryzują się bowiem różną zdolnością do absorbowania wody, gdy są narażone na ich wpływ w temperaturach dodatnich, a inną w warunkach temperatur dodatnich i ujemnych.



**Rysunek 8.** Wyniki wstępnej nasiąkliwości wodą (oznaczone jako etap 1) i po cyklach zamrażania-rozmrażania (oznaczone jako etap 2) z odniesieniem do gęstości płyt

W dokumentach normalizacyjnych dla płyt EPS i XPS określona jest odporność na działanie cyklicznego zamrażania-rozmrażania, jednak jako kryterium oceny stawiany jest brak spadku właściwości przy ściskaniu, a nie niski poziom nasiąkliwości, której nawet nie ma potrzeby oznaczać. W kontekście podstawowej funkcji materiału izolacyjnego (izolacja termiczna), brak weryfikacji stopnia zawilgocenia próbek, mającego bezpośredni wpływ na wartości współczynnika przewodzenia ciepła materiału, nie pozwala na pełną ocenę materiału przeznaczonego do stosowania w stropodachach o odwróconym układzie warstw. Wykonane badania potwierdziły również, że wilgotność ma znaczący wpływ na wartość współczynnika  $\lambda$ , gdyż wzrost tego współczynnika spowodowany wzrostem wilgotności jest bardzo duży, kilkukrotnie większy niż, jak podaje literatura, wzrost spowodowany zmianą temperatury otoczenia. Wilgotny materiał izolacyjny poddany samoistnemu suszeniu wraca do pierwotnej wartości współczynnika  $\lambda$ .

Powyższe analizy pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- w efekcie zanurzenia płyt EPS i XPS w wodzie zasadniczy przyrost zawilgocenia następuje już w pierwszych dniach moczenia i utrzymuje się na zbliżonym poziomie w kolejnych dniach. Naprzemienne zamrażanie i rozmrażanie płyt, niezależnie od

wielkości wstępnej nasiąkliwości wodą, powoduje natomiast stały i znaczący przyrost zawilgocenia,

- badania nie wykazały zależności między wstępną nasiąkliwością po zanurzeniu w wodzie, a tą po działaniu cykli zamrażania-rozmrażania. Krzywe przyrostu zawilgocenia w efekcie działania cykli, przy zbliżonej wstępnej nasiąkliwości wodą, przebiegają w różny sposób. Nie stwierdzono również wpływu grubości płyt i ich gęstości na zdolność płyt do absorbowania wilgoci,
- brak zależności między nasiąkliwością wody po 28 dniach zanurzenia (WL(T)) i tą wywołaną cyklicznym zamrażaniem i rozmrażaniem ogranicza możliwość oceny przydatności materiału izolacyjnego do stosowania w stropodachu o odwróconym układzie warstw na podstawie deklaracji parametru WL(T),
- porównanie wielkości wpływu wilgotności na przewodność cieplną pozwala stwierdzić, iż wilgotność ma znaczący wpływ na wartość współczynnika  $\lambda$ , gdyż wzrost tego współczynnika spowodowany wzrostem wilgotności jest bardzo duży, kilkukrotnie większy niż, jak podaje literatura, wzrost spowodowany zmianą temperatury otoczenia. Wilgotny materiał izolacyjny poddany samoistnemu suszeniu wraca do pierwotnej wartości współczynnika  $\lambda$ .

### **C. Trwałość powłokowych izolacji podpłytkowych stosowanych na tarasach i balkonach**

Poważnym problemem użytkowym na tarasach i balkonach jest odspajanie się płytek ceramicznych w nawierzchniach tarasowych pracujących w klimacie umiarkowanym, którym towarzyszą często przecieki przez płyty tarasowe i balkonowe. Zagadnienie to dotychczas było analizowane przez wielu badaczy w odniesieniu do warstwy klejowej, którą nawierzchnia ta jest mocowana do podłoża, lub w odniesieniu do właściwości samych płytek, z pominięciem współpracy pomiędzy hydroizolacyjnymi warstwami podpłytkowymi, a warstwami nawierzchniowymi. Dostępne są liczne wyniki badań właściwości adhezyjnych klejów do płytek modyfikowanych polimerami w powiązaniu z ich mikrostrukturą, w różnych warunkach obciążeń termiczno-wilgotnościowych. Przeprowadzono również analizy pod kątem naprężeń rozciągających i ścinających występujących w strukturze zaprawy klejowej, w zależności od jej składu oraz wpływu wielkości i koloru płytek na przyczepność nawierzchni do podłoża. Analizowano pracę płytek ceramicznych układanych na różnych podłożach w zależności od oddziaływań termicznych polegających na powolnym nagrzewaniu całej konstrukcji lub szybkim stygnięciu płytek podczas deszczu lub burzy. Jedynie w jednej pozycji literaturowej autorzy badań zauważyli, że warstwa hydroizolacyjna ogranicza powstawanie pęknięć, gdyż podczas skurczu podłoża znacznie obniża naprężenia powstające w obrębie zaprawy klejącej. We wspomnianych opracowaniach warstwę hydroizolacji najczęściej oceniano jedynie pod kątem wodoszczelności, bez odniesienia do rodzaju wyrobu zastosowanego w obrębie warstwy hydroizolacyjnej.

Aby uzupełnić powyższe wnioski podjęłam próbę określenia wpływu zastosowanego rodzaju wyrobu hydroizolacyjnego na przyczepność zestawu: podłoże betonowe - hydroizolacja - klej do płytek - płytka ceramiczna, w warunkach zmiennych temperatur tj. poniżej i powyżej 0°C, w obecności wody. W badaniach tych określono również czy utrata przyczepności warstwy wykończeniowej wpływa na trwałość warstwy hydroizolacyjnej w nawierzchni tarasowej.

Badania polegały na symulacji w warunkach laboratoryjnych wybranych czynników występujących w warunkach użytkowych. I tak, osiem wybranych losowo zestawów badawczych poddano działaniom następujących czynników starzeniowych symulowanych zgodnie z metodami badawczymi podanymi w normie PN-EN 14891, tzn.:

- oddziaływaniom termicznym, w temperaturze (+70±3) °C,

- działaniu wody o temperaturze  $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ ,
- cykлом zamrażania/ rozmrażania w zmiennych temperaturach od  $(-15\pm 3)^\circ\text{C}$  do  $(+70\pm 3)^\circ\text{C}$ .

Za zasadniczą charakterystykę, traktowaną jako wartość porównawczą do oceny zmian starzeniowych po symulacji oddziaływań eksploatacyjnych w warunkach laboratoryjnych, przyjęłam wartość przyczepności początkowej badanych zestawów.

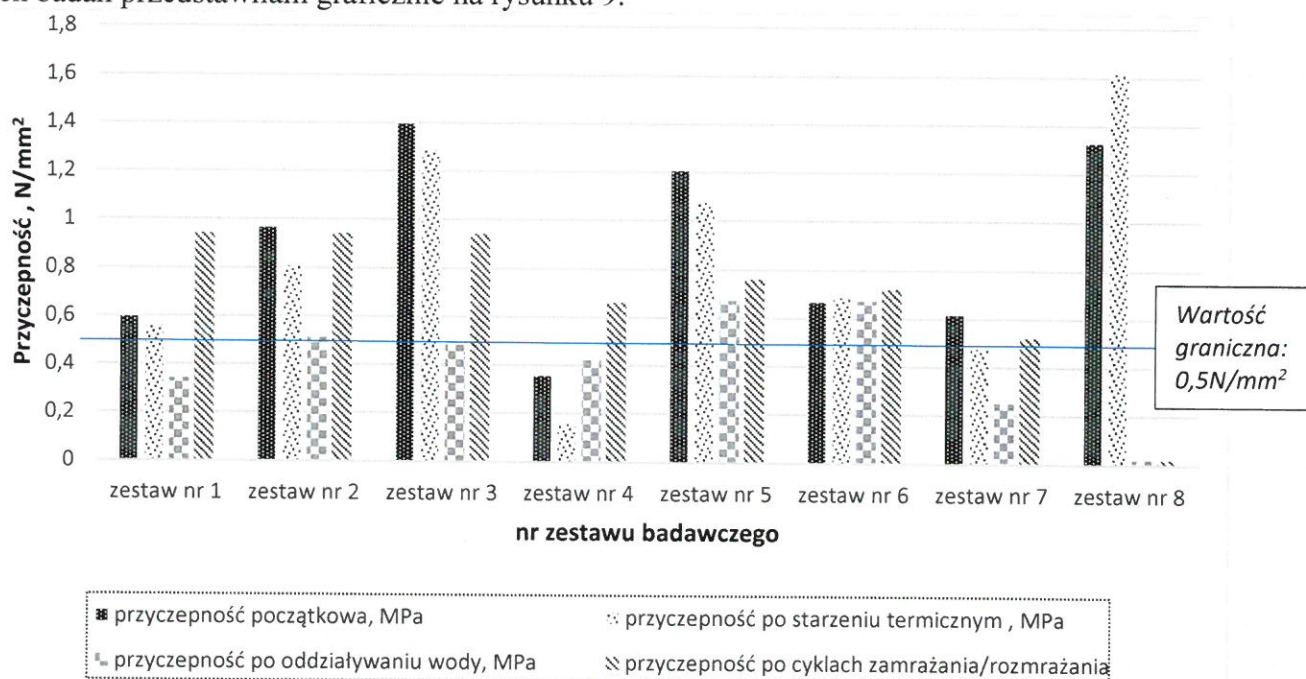
Badaniom poddałam 8 różnych powłok hydroizolacyjnych, tzn.:

- 4 z wyrobów dyspersyjnych oznaczonych dalej na wykresach symbolem DM lub zestaw nr: 1, 5, 7 i 8,

- 3 z żywic reaktywnych, oznaczonych symbolem RM, lub zestaw nr: 2, 3 i 4,

- 1 z wyrobu na bazie cementu oznaczony symbolem CM lub zestaw nr 6.

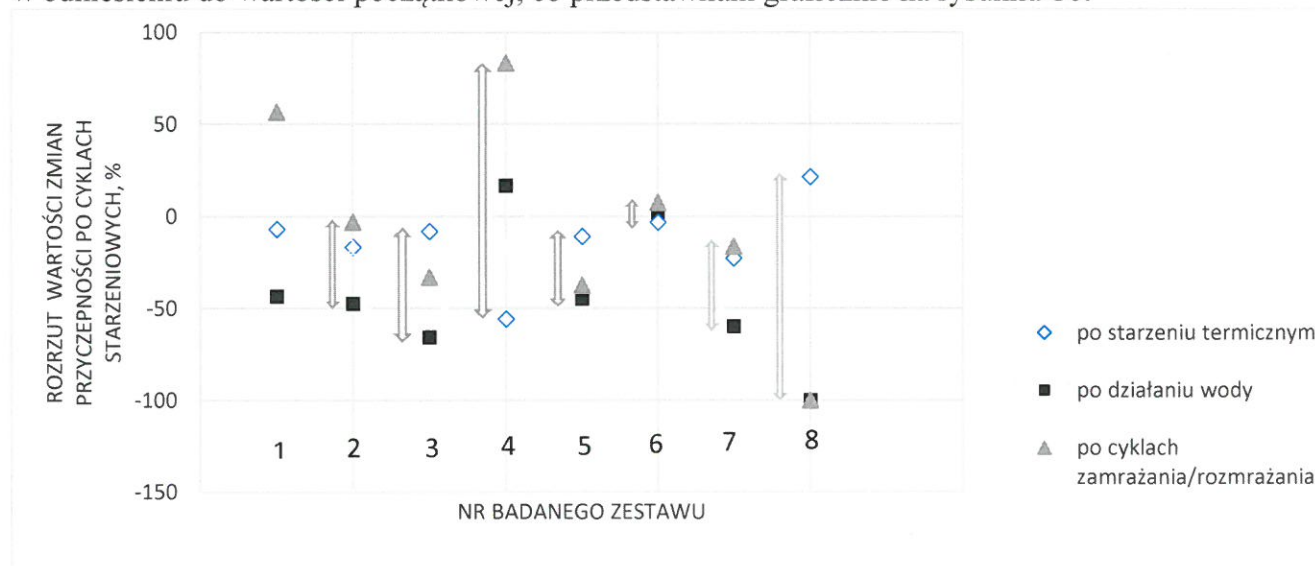
Powłoki naniesione na podłożach betonowych sezonowałam zgodnie z instrukcją producenta, a następnie na ich powierzchni przykleiłam płytki ceramiczne typu V1 o nasiąkliwości wodą  $\leq 0,5\%$ , bez szkliwienia, stosując w tym celu cementowe zaprawy klejowe klasy C2. Wyniki tych badań przedstawiłam graficznie na rysunku 9.



**Rysunek 9.** Porównawcze zestawienie przyczepności początkowej zestawów hydroizolacyjnych i po działaniu wybranych czynników starzeniowych

Zgodnie z uznanymi wymaganiami technicznymi przyjęłam, że przyczepność zestawu do podłoża, zarówno w wersji początkowej jak też po działaniu czynników starzeniowych nie powinna być niższa od  $0,5\text{N/mm}^2$ . Na rysunku 9 zazaczyłam tę wartość graniczną poziomą linią i stwierdziłam, że z ośmiu losowo wybranych zestawów badawczych jedynie trzy spełniają takie wymaganie, co pozwoliło na zakwalifikowanie ich do dalszych analiz. Czwarty wariant oznaczony symbolem „3” spełnia przyjęte założenie jedynie na granicy błędu pomiaru. Ponieważ materiały do badań wybrałam losowo, wnioskując na podstawie przedstwionych wyników można domniemywać, że niemal połowa dostępnych na rynku systemów izolacji podpłytkowych może nie przenieść obciążeń użytkowych przynajmniej na zadowalającym poziomie i niestety problem ten jest identyfikowany często dopiero na obiekcie, po pojawieniu się widocznych odspojień lub, w optymalnym przypadku, po wykonaniu badań starzeniowych. Jedynie w odniesieniu do zestawu nr 4 zjawisko to ujawniło się już na etapie badań wstępnych, tzn. przy ocenie przyczepności początkowej, podczas gdy w pozostałych trzech przypadkach ocenionych negatywnie, przyczepność początkowa jest co najmniej na zadowalającym

poziomie, a nawet dla jednego wariantu, wykazuje bardzo wysokie wartości. Podjęłam więc próbę ustalenia zależności pomiędzy wynikiem przyczepności początkowej, a wartością przyczepności po działaniu czynników starzeniowych. W pierwszym etapie tych prac określiłam procentową zmianę przyczepności zestawów po działaniu czynników starzeniowych w odniesieniu do wartości początkowej, co przedstawiłam graficznie na rysunku 10.



**Rysunek 10.** Rozrzut wartości zmian przyczepności dla zestawów hydroizolacyjnych po działaniu czynników starzeniowych w odniesieniu do przyczepności początkowej

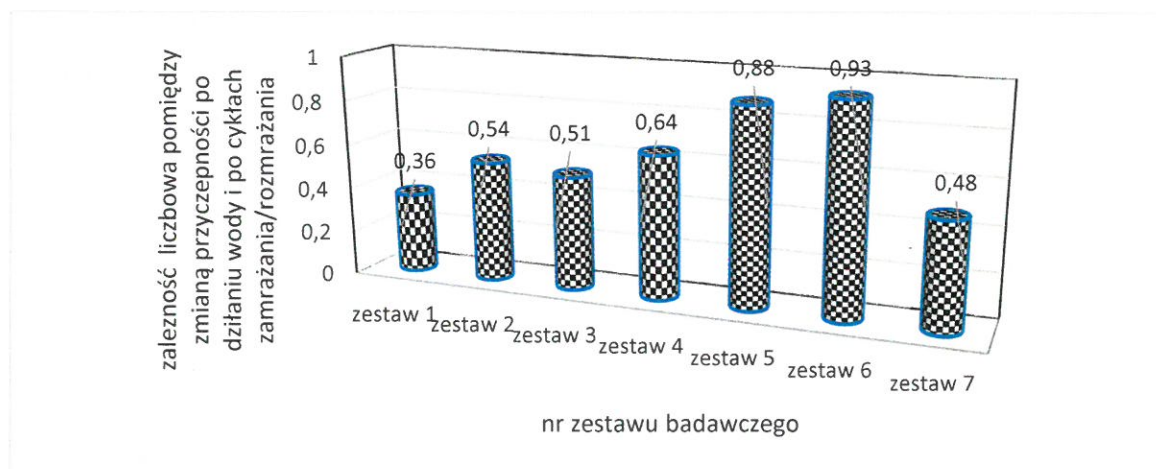
Powyższe wyniki wskazują, że działanie wody jest głównym czynnikiem wpływającym negatywnie na trwałość zestawu hydroizolacji podpłytkowych, bez względu na to jaka jest baza surowcowa poszczególnych jego składników. Działanie to jest szczególnie destrukcyjne w przypadku powłok hydroizolacyjnych wykonywanych z wodnej dyspersji polimeru z dodatkami organicznymi i wypełniaczami mineralnymi, gdy stosowane są one w układzie z klejami do płytek na bazie cementu. Spadek przyczepności po działaniu tego czynnika przekracza wartość 40%, nawet jeżeli po starzeniu zestaw można ocenić pozytywnie, gdyż przyczepność jest ciągle wyższa od  $0,5\text{N/mm}^2$ . Dla ekstremalnego wariantu, w efekcie destrukcyjnego działania wody, spadek przyczepności dochodzi do 100%. Rozwarstwienie we wszystkich badanych przypadkach następuje na granicy powłoka hydroizolacyjna - warstwa klejowa. Dla omawianych materiałów działanie podwyższonej temperatury z reguły nie przyczynia się do destrukcji zestawu i spadek przyczepności w odniesieniu do wartości wyjściowej nawet w ekstremalnych przypadkach wynosi nie więcej niż 20% (z pominięciem oceny zestawu, który nie spełnia nawet wymagań w zakresie przyczepności początkowej). Cykle zamrażania-rozmarzania dla zestawów z warstwami hydroizolacyjnymi z dyspersji polimerowych dają efekty diametralnie różne, tzn. z jednej strony prowadzą do znacznego wzrostu przyczepności z drugiej zaś, nawet do 100% spadku. Trudno jest określić wyraźną prawidłowość odnośnie do trwałości zbadanych zestawów. Generalnie, gdy zestawy składające się z warstwy hydroizolacyjnej wykonanej z dyspersji polimerowej i kleju do płytek na bazie cementu, nie spełniają założonych wymagań, rozrzut pomiędzy granicznymi wartościami zmian przyczepności po działaniu różnych czynników starzeniowych jest wyższy od 40%, z wartościami oscylującymi głównie koło 100% a nawet powyżej 100%. Rozrzut ten, dla zestawu wykonanego z badanych wyrobów, spełniającego założone wymagania, jest znacznie niższy, kształtując się na poziomie 30%.

Wyjaśnienie zjawiska wymagało rozszerzenia zakresu badań, które są w trakcie realizacji. Z tego powodu na obecnym etapie nie sformułowałam wniosków nt. trwałości zestawów izolacji podpłytkowych wykonywanych z wyrobów hydroizolacyjnych polimerowo-cementowych

stosowanych w układzie z klejami do płytek na bazie cementu. W tym przypadku można jednak oczekiwać korzystnej współpracy powłoki i kleju, ze względu na ich kompatybilność chemiczną. Takie założenie potwierdzają uzyskane dotychczas wyniki badań dla wspomnianego wariantu rozwiązania, w którym wartość przyczepności wyjściowej po wszystkich oddziaływaniach starzeniowych nie odbiega w istotny sposób od wyników wyjściowych, a rozrzut tych wyników waha się maksymalnie na poziomie do 10%. W literaturze technicznej w odniesieniu do tych wyrobów pojawiają się informacje, że absorpcja wody przez powłoki wzrasta wraz ze wzrostem wskaźnika P/C (polimer-cement). Dodatki przyspieszające proces tworzenia powłoki obniżają jej odporność na wodę lecz jednocześnie poprawiają właściwości mechaniczne przy rozciąganiu. Należy jednak pamiętać, że nadmiar tych dodatków pogarsza ich właściwości mechaniczne. Najkorzystniejsze właściwości w zakresie wodoodporności wykazują powłoki z dodatkiem dyspergującym na poziomie 0,3%. Obniżenie wskaźnika P/C przyczynia się z kolei do spadku wartości wydłużenia powłoki przy zerwaniu, chociaż wartość naprężenia na początku wzrasta, by po chwili również wykazać widoczny spadek. Przy wartości wskaźnika P/C na poziomie 0,12 wydłużenie przy zerwaniu wynosi ciągle  $\geq 30\%$ .

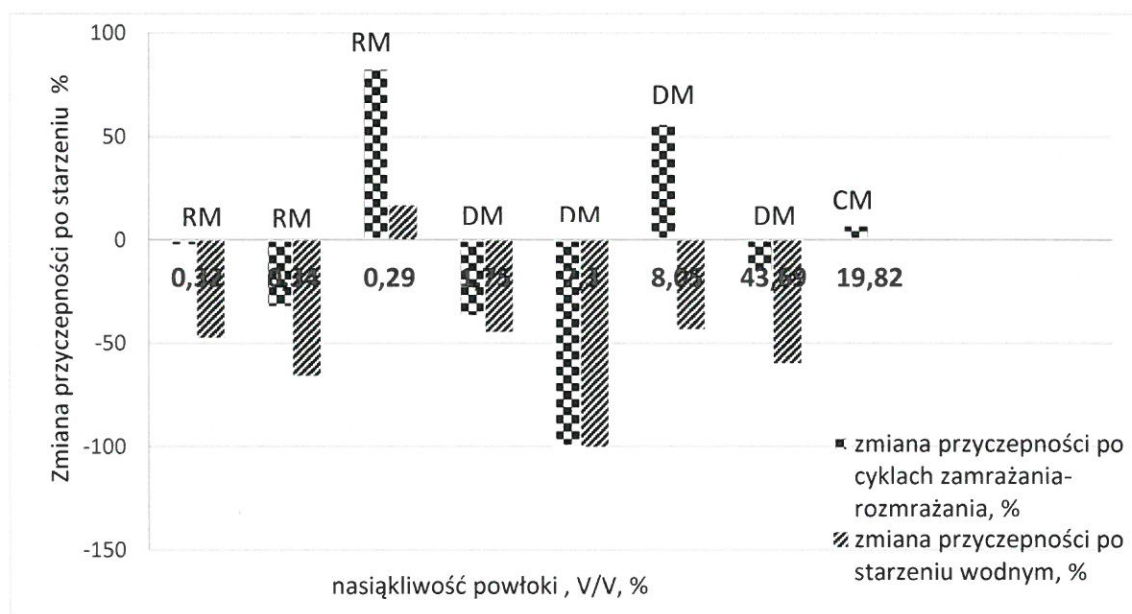
W polskich warunkach klimatycznych wyroby na bazie żywic reaktywnych są rzadziej stosowane do wykonywania hydroizolacji podpłytkowych niż powłoki z dyspersji polimerowych i wyrobów polimerowo-cementowych. W trzech zbadanych przypadkach nie stwierdziłam widocznej prawidłowości w rozkładzie uzyskanych wyników, szczególnie, że jeden z badanych zestawów został zdyskwalifikowany już na etapie badań wstępnych, tzn. przyczepności początkowej. W przypadku dwóch zestawów dla których uzyskano wyniki pozytywne, wszystkie badane czynniki starzeniowe powodowały sukcesywną utratę przyczepności. Oba zestawy były szczególnie wrażliwe na działanie wody, po skończonym starzeniu spełniając założone wymagania w tym zakresie w granicach błędu pomiaru. Rozwarstwienie następuje na granicy powłoka hydroizolacyjna - warstwa klejowa. W obu przypadkach rozrzut pomiędzy granicznymi wartościami zmian przyczepności po działaniu różnych czynników starzeniowych wynosi powyżej 50%, dochodząc nawet do 70%.

W odniesieniu do wszystkich uzyskanych dotychczas wyników badań podjęłam próbę określenia zależności wartości przyczepności po działaniu wody i przyczepności po cyklach zamrażania i rozmrażania w formie ilorazu tych dwóch wartości. Stwierdziłam, że zawsze wartość ta nie przekracza jedności. Wyjątek od tej reguły stanowi przypadek, gdy przyczepność po cyklach zamrażania -rozmrażania jest wartością nieoznaczalną i podczas badania następuje całkowite, niekontrolowane odspojenie zestawu lub fragmentu zestawu od podłoża. Można domniemywać, że gdy wartość ta zbliża się do jedności, wzrasta trwałość badanego układu, pod warunkiem jednak, że wszystkie uzyskane w badaniach wartości przyczepności spełniają założone wymaganie, tzn. są nie mniejsze od  $0,5\text{N/mm}^2$ . Na rysunku 11 przedstawiłam graficznie omawianą zależność.



**Rysunek 11.** Zależność pomiędzy zmianą przyczepności zestawu po działaniu wody i po cyklach zamrażania-rozmrażania określona jako iloraz tych dwóch wartości

W kolejnym etapie oceny podjęłam próbę porównania przyczepności po działaniu czynników starzeniowych z nasiąkliwością powłok hydroizolacyjnych stosowanych w badanych układach rozwiązań. Zestawienie takie przedstawiłam na rysunku 12.



**Rysunek 12.** Graficzne przedstawienie zmiany przyczepności badanego zestawu po cyklach zamrażania-rozmrażania i po oddziaływaniu wody w odniesieniu do nasiąkliwości powłoki (oznaczonej cyfrowo pod każdym słupku)

Jak widać z powyższego zestawienia trudno jest ustalić jakąkolwiek korelację pomiędzy zmianą przyczepności zestawu podłytkowego składającego się z powłoki hydroizolacyjnej, kleju do płytek i płytki ceramicznej, po działaniu różnych czynników starzeniowych, a nasiąkliwością powłoki, bez względu na rodzaj materiału z którego powłokę tą wykonano.

Podsumowując powyższe rozważania stwierdziłam, że we wszystkich badanych przypadkach nie wystąpiły widoczne uszkodzenia warstwy hydroizolacyjnej, nawet dla przypadku w którym podczas oddziaływań starzeniowych nastąpił znaczny wzrost jej zawilgocenia. W odniesieniu do charakteru uszkodzenia badanego zestawu, próbki nie poddane działaniu czynników starzeniowych rozwarstwiały się w warstwie klejowej, lub przy niewłaściwym doborze układu - na granicy klej-powłoka. Po starzeniu termicznym i po



oddziaływaniu wody miejscem zerwania jest z reguły płaszczyzna utworzona na granicy klej – powłoka, co wskazuje na sukcesywną utratę przyczepności w tym obszarze w efekcie oddziaływań starzeniowych, pomimo, że w każdym z zestawów zastosowałam klej o podwyższonej elastyczności. Stwierdziłam, że woda ma największy wpływ na obniżenie przyczepności do podłoża zestawów hydroizolacyjnych wykonywanych z wyrobów nanoszonych w postaci płynnej pod płytkami ceramicznymi, czyli podstawowy czynnik, na działanie którego narażona jest izolacja wodochronna i przed którym powinna chronić konstrukcję budowlaną. Spadek przyczepności dochodzi przy tych oddziaływaniach nawet do 100% wartości wyjściowej. Obniżenie przyczepności następuje w warstwach wykończeniowych, tzn. w kleju do płytek ceramicznych, co w konsekwencji, w warunkach użytkowych, może grozić sukcesywnym odspajaniem się warstwy wykończeniowej. Co prawda badanie przyczepności po działaniu wody wykonywałam bezpośrednio po wyjęciu próbek z medium płynnego, tzn. w odniesieniu do mokrych warstw, jednak jest to rzeczywistym odzwierciedleniem warunków eksploatacyjnych. W praktyce użytkowej nie można przecież zakazywać wejścia na taras/balkon po opadach atmosferycznych, czekając na wyschnięcie warstwy klejowej, by nie narażać mokrej powłoki na działanie obciążeń mechanicznych. Działanie podwyższonej temperatury ma mniejszy wpływ na zmianę/obniżenie przyczepności zestawu hydroizolacyjnego do podłoża niż działanie wody, należy jednak pamiętać, że w praktyce użytkowej oba te czynniki często oddziałują jednocześnie i w związku z tym należy brać pod uwagę również możliwość kumulowania się efektów tych negatywnych wpływów na zachowanie się obiektu.

Omówione wyżej wyniki badań izolacji podpłytkowych wykonywanych z wyrobów nanoszonych w postaci płynnej pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- porównawcza analiza negatywnego wpływu wody, podwyższonej temperatury i cyklicznego zamrażania-rozmrażania na powłokowe izolacje podpłytkowe potwierdza, że woda jest czynnikiem powodującym największą destrukcję badanych rozwiązań,
- przyczepność powłok hydroizolacyjnych do podłoża betonowego jest wyższa od przyczepności między powłoką hydroizolacyjną, a warstwą kleju do płytek, niezależnie od rodzaju materiałów zastosowanych do wykonania tych powłok. Zarówno w przypadku próbek kontrolnych nie poddanych działaniu czynników starzeniowych, jak też po takich oddziaływaniach, utrata przyczepności zwykle następuje w warstwie klejowej lub w płaszczyźnie kontaktu kleju do płytek i powłoki hydroizolacyjnej, bez jednoczesnego uszkodzenia warstwy hydroizolacyjnej, nie powodując tym samym obniżenia wodoszczelności powłok,
- największe obniżenie przyczepności zestawów po działaniu wody stwierdzono dla układów przekryć z warstwami powłokowymi wykonanymi z materiałów na bazie wodnych dyspersji polimerowych z dodatkami organicznymi i wypełniaczami mineralnymi, stosowanymi z cementowymi klejami do płytek, szczególnie gdy nasiąkliwość tych powłok jest wyższa od 7%(V/V),
- nie stwierdzono prawidłowości pomiędzy nasiąkliwością powłok wykonanych z materiałów na bazie żywic reaktywnych lub zapraw polimerowo – cementowych, a zmianą przyczepności na granicy klej do płytek – powłoka, po omówionych oddziaływaniach starzeniowych,
- po oddziaływaniach starzeniowych nie stwierdzono wyraźnych spadków przyczepności klejów cementowych do powłok polimerowo-cementowych, nawet w przypadku wysokiej nasiąkliwości tych powłok, rzędu 20%V/V. Z tego względu powłoki polimerowo-cementowe można uznać za optymalne do wykonywania izolacji podpłytkowych w strefie klimatu umiarkowanego,

- brak wyraźnej korelacji pomiędzy wynikami badań przyczepności warstw wykończeniowych do powłokowych warstw hydroizolacyjnych po różnych oddziaływaniach starzeniowych tj. po działaniu wody, po działaniu podwyższonej temperatury oraz po cyklach zamrażania-rozmrażania.

#### 4.2.3 Osiągnięcia w zakresie głównego kierunku badań

Za moje osobiste osiągnięcia, które przyczyniają się do rozwoju dyscypliny naukowej inżynieria lądowa i transport uważam:

(1) **Oryginalne badania naukowe** wraz z porównawczymi **analizami trwałości rozwiązań hydroizolacyjnych** części podziemnych budynków, pokryć dachowych oraz izolacji tarasów i balkonów, w wyniku których usystematyzowałam trwałość zabezpieczeń wodochronnych budynków,

(2) Na podstawie badań naukowych **opracowanie zbioru właściwości wyrobów hydroizolacyjnych** mających istotny wpływ na trwałość wykonanych z nich zabezpieczeń wodochronnych,

(3) **Analizy naukowe zmienności cech wyrobów hydroizolacyjnych** i ich wpływu na trwałość zabezpieczeń wodochronnych,

(4) **Opracowanie**, na podstawie naukowych badań i analiz, **autorskich rozwiązań zabezpieczeń obiektów** przed wnikaniem wody w miejscach newralgicznych,

(5) **Badania naukowo-techniczne** obiektów zakończone **klasyfikacją błędów** popełnianych w rozwiązaniach hydroizolacyjnych w funkcji trwałości,

(6) **Opracowywanie założeń naukowych** w procesie tworzenia krajowych i europejskich **dokumentów naukowo - technicznych** dotyczących materiałów hydroizolacyjnych i rekomendowanych warunków ich stosowania,

(7) **Analizy naukowe wpływu pracy obiektów na trwałość** zabezpieczeń wodochronnych, prowadzące do rozstrzygnięcia przyczyn powstania uszkodzeń warstw hydroizolacyjnych, na potrzeby gospodarki.

#### 5. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę

Instytut Techniki Budowlanej, w którym jestem zatrudniona, nie kształci studentów, w związku z powyższym moja działalność dydaktyczna realizowana jest w mniejszym zakresie w odniesieniu do grupy odbiorców zdobywających dopiero wiedzę w przyszłym zawodzie, a w szerszym zakresie do inżynierów zainteresowanych podniesieniem swoich kwalifikacji. Reasumując, działalność tę realizowałam dwutorowo, tzn.:

➤ w ramach współpracy z uczelniami w latach 2003-2009 i 2018- 2019 - prowadziłam ćwiczenia z przedmiotu Materiały Budowlane w Wyższej Szkole Ekologii i Zarządzania w Warszawie, na Wydziale Budownictwa i Architektury. W ramach tych działań uczelnia nakreśliła jedynie ramowe założenia tematyki przedmiotu i w związku z powyższym sama opracowałam szczegółowy program zajęć, w ramach których przekazywałam studentom wiedzę w zakresie wymagań odnośnie do właściwości materiałów hydroizolacyjnych, uzupełnianą metodyką oceny tych cech w warunkach laboratoryjnych,

➤ prowadząc seminaria szkoleniowe dla uczestników procesu budowlanego, posiadających już wykształcenie techniczne zarówno na poziomie średnim jak też wyższym. Seminaria te realizowałam zarówno we współpracy z moją macierzystą jednostką, tzn. z

Instytutem Techniki Budowlanej, jak również na zlecenie innych podmiotów gospodarczych. W ramach tych seminariów szkoleniowych byłam zarówno pomysłodawcą formuły szkolenia, jego zakresu i treści jak też głównym wykładawcą. Dodatkowo do każdego szkolenia opracowywałam skrypt merytoryczny, zawierający kompendium wiedzy technicznej przekazywanej słuchaczom. Seminaria te cieszyły się szerokim zainteresowaniem odbiorców, gdyż ilość uczestników na szkoleniach zewnętrznych często przekraczała 200 osób. Moim zdaniem do najciekawszych szkoleń, zgodnie z opinią ich uczestników, potwierdzoną w ankietach, należały:

- a) konferencje szkoleniowe zorganizowane przez ArtMedia Technics – o tematyce „Zabezpieczenia wodochronne parkingów i garaży podziemnych” w :
  - lutym 2017r w Warszawie,
  - październiku 2017 w Krakowie,
  - czerwcu 2018 w Gdańsku,
  - październiku 2018r we Wrocławiu,
  - listopadzie 2018 w Katowicach,
- b) seminarium szkoleniowe, pt *Zabezpieczenia wodochronne części podziemnych budynków. Rozwiązania tradycyjne i technologia "białej wanny"*. Warszawa, ITB, 17-18 marca 2016,
- c) konferencja szkoleniowa organizowana przez ArtMedia Technics – o tematyce „Dachy płaskie w aspekcie budownictwa ekologicznego –Dachy zielone” w Warszawie, w październiku 2016r,
- d) konferencja szkoleniowa zorganizowana przez ArtMedia Technics – o tematyce „ Dachy, tarasy, balkony. Roboty zimowe”, w Warszawie w luty 2016r,
- e) seminarium szkoleniowe ITB, pt *Wymagania techniczno-użytkowe i identyfikacyjne wyrobów przeznaczonych do wykonywania izolacji powłokowych, tzn.: podpłytkowych, w rozumieniu normy PN-EN 14891:2012 i grubowarstwowych, w rozumieniu normy PN-EN 15814+A1:2013-04*. Warszawa, ITB, 02-03.03.2015 r,
- f) szkolenie organizowane przez UNIBEP w 2015r pt. „Wykonywanie robót hydroizolacyjnych w okresie obniżonej temperatury”,
- g) konferencje szkoleniowe zorganizowane przez ArtMedia Technics – o tematyce „Parkingi, garaże podziemne”, w:
  - lutym 2015r w Warszawie,
  - maju 2014r we Wrocławiu i Poznaniu,
  - w listopadzie 2014r w Krakowie,
  - w czerwcu 2014r w Katowicach,
  - w maju 2014r w Gdańsku,
- h) konferencja szkoleniowa zorganizowana przez ArtMedia Technics – o tematyce „Tarasy, balkony”, w :
  - lutym 2013r w Poznaniu, Wrocławiu, Warszawie,
  - marcu 2013r w Katowicach, Krakowie, Białymstoku i Gdańsku,
- i) seminarium szkoleniowe pt. *Warunki techniczne wykonania i odbioru pokryć dachowych wykonywanych z wyrobów rolowych, gontów asfaltowych i laminatów*, Warszawa, ITB , 24-25 październik 2012,
- j) seminarium szkoleniowe pt. „Warunki techniczne wykonania i odbioru izolacji wodochronnych (pokrycia dachowe, izolacje balkonów, tarasów i części podziemnych budynków)”, Warszawa, ITB, 19-21 marzec 2012,

- k) seminarium szkoleniowe pt. „*Warunki techniczne wykonania i odbioru izolacji wodochronnych (pokrycia dachowe, izolacje balkonów, tarasów i części podziemnych budynków)*”, Warszawa, ITB , 25-27 maja 2011,
- l) seminarium szkoleniowe pt. „*Wykonywanie robót budowlanych w okresie obniżonej temperatury w części dotyczącej robót hydroizolacyjnych*”, Warszawa, 2011r,
- m) seminarium szkoleniowe zorganizowane przez Polską Izbę Przemysłowo – Handlową Budownictwa, Warszawa, 2005r,
- n) Konferencja Szkoleniowa pt. *Zabezpieczenia wodochronne części podziemnych budynków” w cyklu „Spotkania na Mazowszu”*, grudzień 2003.

Ukoronowaniem mojej działalności dydaktycznej, wspierającej rozwój naukowy młodej kadry inżynierjno-technicznej, zwieńczonej uzyskaniem stopni naukowych oraz tytułów zawodowych przez młodszych kolegów, były:

- praca doktorska mgr inż. Damiana Wojnowskiego, zatytułowana „**Skuteczność napraw konstrukcji betonowych prowadzonych w warunkach obniżonej temperatury z zastosowaniem zapraw polimerowo-cementowych**”, zakończona publiczną obroną z wynikiem pozytywnym, w dniu 14.06.2021, w odniesieniu do której pełniłam funkcję **promotora pomocniczego**, (praca wyróżniona przez Radę Naukową ITB),
- praca magisterska inż. Wojciecha Marka Zięby, pt. „**Analiza wymagań dotyczących właściwości asfaltowych elastycznych wyrobów wodochronnych w świetle przepisów europejskich**”, zakończona obroną z wynikiem pozytywnym na Politechnice Warszawskiej, na Wydziale Inżynierii Lądowej, w maju 2017r, w odniesieniu do której, pełniłam funkcję opiekuna merytorycznego z ramienia ITB,
- praca inżynierska Pani Aleksandry Zawadzkiej pt. „**Porównanie metod badawczych hydroizolacyjnych mas polimerowych i polimerowo-cementowych do zastosowań wewnętrznych i zewnętrznych**”, zakończona obroną z wynikiem pozytywnym w 2014r, na Politechnice Warszawskiej na Wydziale Inżynierii Lądowej, w odniesieniu do której pełniłam funkcję opiekuna merytorycznego i przewodnika po laboratorium podczas wykonywania badań.

## 6. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Zestawienie całości dorobku naukowego i technicznego zawiera załącznik nr 4 do Wniosku. Po uzyskaniu stopnia doktora moją działalność naukową można podsumować następująco:

- 1) zrealizowałam 35 prac naukowo-badawczych, często wieloletnich,
- 2) napisałam 3 monografie w cyklu *Nowoczesne hydroizolacje budynków* wydawanych przez Wydawnictwo Naukowe PWN SA., o podtytułach odpowiednio: *Zabezpieczenia wodochronne części podziemnych budynków, Pokrycia dachowe, Tarasy i balkony*,
- 3) jestem współautorką rozdziałów w 5 monografiach,
- 4) opublikowałam 72 artykuły w czasopismach naukowych,
- 5) byłam recenzentem co najmniej 7 artykułów innych autorów w czasopismach wymienionych w wykazie MNiSW,
- 6) napisałam (również jako współautor) 37 recenzowanych publikacji książkowych o charakterze naukowo - technicznym,
- 7) jestem autorem lub współautorem 24 referatów wygłoszonych na konferencjach naukowo-technicznych, krajowych i międzynarodowych,
- 8) uczestniczyłam w kilkunastu międzynarodowych konferencjach CEN , EOTA i GNB-CPR (wymienionych w załączniku nr 4), podczas których, w gronie naukowców z całej Europy, uzgadniałam wymagania w zakresie właściwości użytkowych wyrobów budowlanych,

- 9) byłam głównym referentem i uczestnikiem 172 ekspertyz i /lub opinii naukowo-technicznych dotyczących rozwiązań hydroizolacyjnych części podziemnych budynków i budowli, pokryć dachowych, izolacji tarasów i balkonów, realizowanych na zlecenie podmiotów gospodarczych, w tym sądów,
- 10) na podstawie badań wykonanych w laboratorium akredytowanym ITB, opracowałam ponad 500 opinii naukowo-technicznych nt. właściwości materiałów i wyrobów budowlanych,
- 11) jestem współtwórcą jednego wynalazku opatentowanego przez Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej.

Za wykonane prace naukowo-badawcze i badawczo-rozwojowe, realizowane przy moim merytorycznym udziale, otrzymałam m.in. następujące nagrody i wyróżnienia zespołowe:

- 14.05.2007 - nagrodę Ministra Budownictwa za publikację pt. *Budownictwo ogólne. Tom II. Fizyka budowli*” wydaną przez Wydawnictwo „Arkady” Sp. z o.o. , Warszawa,
- 06.1991- nagrodę na Najlepsze Prace Naukowo-Badawcze ITB w latach 1989 i 1990 zorganizowanym przez koło PZITB za prace pt. *Kryteria oceny trwałości i zasady stosowania wodoszczelnych pokryć dachowych*”,
- 18.09.2008- nagrodę za zajęcie III miejsca w XVII Konkursie PZITB w ITB na najlepsze prace badawcze i rozwojowe w Instytucie Techniki Budowlanej zakończone w 2006 i 2007 roku, w kategorii prace rozwojowe, za pracę „*Ekspertyza naukowo-techniczna dotycząca ustalenia przyczyn powstania zawilgoceń na sklepieniu i murach Arkad Kubickiego i Stacji Saskich w Warszawie*”,
- 18.06.2010- nagrodę za zajęcie II miejsca w XVIII Konkursie PZITB w ITB na najlepsze prace badawcze i rozwojowe w Instytucie Techniki Budowlanej zakończone w 2008 i 2009 roku, w kategorii prace rozwojowe, za pracę pt. „*Ekspertyza naukowo-techniczna nt. szczelności przekrycia dachowego hali magazynowej firmy PROLOGIS w Teresinie k/Sochaczewa wraz z oceną sposobu odprowadzenia wód opadowych z powierzchni połączeń dachowej*”,
- 18.06.2010 -nagrodę za zajęcie II miejsca w XVIII Konkursie PZITB w ITB na najlepsze prace badawcze i rozwojowe w Instytucie Techniki Budowlanej zakończone w 2008 i 2009 roku, w kategorii prace badawcze , za pracę „*Trwałość warstw hydroizolacyjnych w świetle dokumentów Unii Europejskiej*”,
- 15.06.2012- wyróżnienie specjalne w XIX Konkursie PZITB w ITB i Dyrektora ITB na najlepsze prace badawcze i rozwojowe oraz ekspertyzy, badania, opinie techniczne dla gospodarki i przemysłu wykonane w Instytucie Techniki Budowlanej w 2010 i 2011 roku, za pracę pt. ” *Instrukcje, Wytyczne, Poradniki nr 282/2011. Wykonywanie robót budowlanych w okresie obniżonej temperatury,*
- 15.06.2012 – wyróżnienie w XIX Konkursie PZITB w ITB na najlepsze prace badawcze i rozwojowe oraz ekspertyzy, badania, opinie techniczne dla gospodarki i przemysłu wykonane w Instytucie Techniki Budowlanej i zakończone w 2010 i 2011 roku, w kategorii ekspertyzy, badania, opinie techniczne dla gospodarki i przemysłu , za pracę pt. ” *Ekspertyza naukowo-techniczna ustalająca przyczyny wnikania wody do pomieszczeń kondygnacji -1 w budynkach zlokalizowanych przy ul. Figiel 6 w Warszawie*”,

- 15.06.2012 – nagrodę za zajęcie I miejsca w XIX Konkursie PZITB w ITB i Dyrektora ITB na najlepsze prace badawcze i rozwojowe oraz ekspertyzy, badania, opinie techniczne dla gospodarki i przemysłu wykonane w Instytucie Techniki Budowlanej i zakończone w 2010 i 2011 roku, w kategorii prace badawcze i rozwojowe, za pracę pt. *”Zasady projektowania i wykonywania izolacji wodochronnych w budynkach z oceną przewidywanego okresu użytkowania”*

- 06.11.2018r- nagrodę z zajęcie II miejsca w XXII Konkursie PZITB przy ITB i Dyrektora ITB na najlepsze prace badawcze i rozwojowe oraz ekspertyzy, badania, opinie techniczne dla gospodarki i przemysłu wykonane w Instytucie Techniki, w kategorii prace badawcze i rozwojowe, za pracę pt. *”Ocena trwałości układów przekryć dachowych i tarasowych wykonywanych w układach odwróconych w aspekcie określenia optymalnego ekonomicznie poziomu ich stosowania”*

Dodatkowo za całokształt pracy otrzymałam następujące odznaczenia i wyróżnienia:

- w 1995- wyróżnienie Zasłużony dla Budownictwa i Przemysłu Materiałów Budowlanych,
- w 2005r- Honorową Odznakę „Za Zasługi dla Budownictwa”,
- w 2016r – Medal Złoty za Długoletnią Służbę.

Zestawienie całości dorobku naukowo - technicznego zawiera załącznik nr 4 do Wniosku.

 ..... *B. Francke*

(podpis wnioskodawcy/dr inż. Barbara Francke)