

# Ważne osiągnięcia Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej



**dr hab. inż. ANDRZEJ KULIG, PROF. PW**

Dziekan  
Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska  
Politechnika Warszawska  
[www.is.pw.edu.pl](http://www.is.pw.edu.pl)



Prace badawczo-rozwojowe pracowników Wydziału wdrażane w przemyśle i gospodarce komunalnej mają bezpośrednie przełożenie m.in. na oszczędność energii oraz wody, a w dalszej perspektywie wpływają na ochronę środowiska przyrodniczego.

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska (WIBHiŚ) jest jedną z dwudziestu jednostek dydaktyczno-badawczych w Politechnice Warszawskiej, która w 2020 r. uzyskała status Uczelni Badawczej.

## 100 lat tradycji

Jesteśmy Wydziałem o ponad stuletniej tradycji – został on utworzony w 1917 roku pod nazwą Wydział Inżynierii Wodnej. Po II wojnie światowej z budowlano-konstrukcyjnego Wydziału Inżynierii wydzielono w 1950 roku Wydział Inżynierii Sanitarnej, a w 1951 roku utworzono dodatkowo nowy Wydział Budownictwa Wodnego. W 1961 roku oba Wydziały połączono w Wydział Inżynierii Sanitarnej i Wodnej. Po 32 latach zamieniono tę nazwę na Wydział Inżynierii Środowiska, a od 2016 roku przyjęto nazwę WIBHiŚ. W ramach obchodów rocznicowych opracowano pod redakcją naukową A. Kuliga i K. Wojdygi obszerną monografię nt. przemian i rozwoju Wydziału oraz jego twórców zatytułowaną *Od Inżynierii wodnej przez technikę sanitarną do inżynierii środowiska w 100-letniej tradycji Politechniki Warszawskiej* (Oficyna Wydawnicza ASPRA, Warszawa 2016 r.).

Nasz Wydział przez 100 lat mocno wpisał się w historię Uczelni, ale równocześnie aktywnie uczestniczy w rozwiązywaniu współczesnych wyzwań cywilizacyjnych oraz problemów gospodarczych i społecznych w Polsce. Stąd chęć przedstawienia ważniejszych osiągnięć Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska PW z dziedziny instalacyjno-budowlanej w ostatnich 2-3 latach.

## Interdyscyplinarność i innowacyjność

Będąc Wydziałem interdyscyplinarnym, prowadzimy działalność pod nazwą, która dobrze odzwierciedla zakres naszej oferty edukacyjnej oraz zainteresowań badawczych. Nasi pracownicy naukowci prowadzą innowacyjne badania, których wyniki są przypisywane do dwóch głównych dyscyplin naukowych: Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka oraz Inżynieria Lądowa i Transport. Na naszym Wydziale prowadzimy trzy kierunki kształcenia: Inżynieria Środowiska, Ochrona Środowiska oraz Biogospodarka.

O interdyscyplinarności Wydziału świadczy m.in. jego długa nazwa oraz struktura organizacyjna. Wydział tworzy 7 jednostek badawczo-dydaktycznych: Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Zakład Biologii, Zakład Budownictwa Wodnego i Hydrauliki, Zakład In-

formatyki i Badań Jakości Środowiska, Zakład Klimatyzacji i Ogrzewnictwa, Zakład Systemów Ciepłowniczych i Gazowniczych oraz Zakład Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków. Logo Wydziału wypełniają cztery wyrazy: Budynek, Energia, Woda i Środowisko.

## Budynek, Energia, Woda i Środowisko

W zakresie działalności naukowej naszym celem jest wysoki poziom prowadzonych badań. Wydział realizuje wiele prac naukowo-badawczych, w tym o charakterze innowacyjnym. Przykładowo może pochwalić się m.in. dwoma statuetkami Godła Promocyjnego „Teraz Polska” przyznanymi w kategorii Przedsięwzięcia innowacyjne w ciągu ostatnich trzech lat. W środowisku polskiego przemysłu, ale także polskiej nauki i techniki, Godło „Teraz Polska” ma bardzo wysoki prestiż i jest powszechnie rozpoznawalnym znakiem promocyjnym.

## Akumulator ciepła

Pierwszą z nich Kapituła Konkursu przyznała w 2017 roku za rozwiązanie pn. *Akumulator ciepła dla systemów ciepłowniczych w Polsce* opracowane w Zakładzie Sieci Ciepłowniczych i Gazowniczych przez dr. hab. inż. Ryszarda Zwierchowskiego. Ta innowacyjna technologia optymalizacji profilu produkcji energii cieplnej, wykorzystująca moce szczytowe w okresach przejściowych, znalazła już zastosowanie w kilku największych systemach ciepłowniczych w Polsce: zasilanych z Elektrociepłowni EC Siekierki w Warszawie, EC Kraków, EC Białystok czy też EC Bielsko Biała. Jej wdrożenia przynoszą wymierne efekty w postaci oszczędności energii i zmniejszenia emisji zanieczyszczeń gazowych do atmosfery, a przez to ograniczenia zjawisk smogowych.



## Zarządzanie ciepłem

Drugi zwycięski projekt wyróżniony 2019 r. to *System do sterowania i zarządzania ciepłem w budynkach z wykorzystaniem sztucznej*

*inteligencji SOZE RSI*. W Polsce układy do regulacji i sterowania energią w budynkach pochodzą z krajów Europy zachodniej i powstawały w drugiej połowie ubiegłego wieku. W wyniku wieloletnich prac prowadzonych przez dr. hab. inż. Witolda J. Chmielnickiego, prof. uczelni, został opracowany innowacyjny system do sterowania i zarządzania energią w budynkach, stanowiący najbardziej efektywny sposób na oszczędzanie energii. System korzystnie oddziałuje na środowisko, gdyż w wyniku zmniejszenia zużycia ciepła powoduje m.in. zmniejszenie emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Ponadto zapewnia znaczną poprawę komfortu cieplnego i jakości regulacji procesów cieplnych w budynkach. System został wdrożony w obiektach biurowych i szkolnych, w wielorodzinnych budynkach mieszkalnych oraz hotelowych (np. LIM Center – Marriott Warszawa), a także w zakładach przemysłowych (Unilever – Bydgoszcz). Aktualnie jest on wdrażany w budynkach należących do Politechniki Warszawskiej. Opracowany innowacyjny system zapewnia zmniejszenie zużycia energii od 10 do 30 procent, które zostało stwierdzone na podstawie pomiarów w zmodernizowanych obiektach. W przypadku modernizacji istniejących rozwiązań zwrot poniesionych nakładów inwestycyjnych następuje w okresie 2–3 lat, natomiast w następnych latach osiągane są już oszczędności.



### System grzewczo-chłodzący zarządzany intuicyjnym układem sterowania

Pracownicy WIBHIŚ uzyskali grant badawczo-rozwojowy z Mazowieckiej Jednostki Wdrażania Programów Unijnych w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego nt. *Innowacyjny i ekologiczny system ogrzewczo-chłodzący z kompozytowymi prefabrykowanymi elementami ściennymi*. Głównym celem projektu jest przeprowadzenie prac B+R w celu opracowania intuicyjnego systemu sterowania ciepłem i chłodem w pomieszczeniach mieszkalnych zbudowanych w innowacyjnej technologii ścian prefabrykowanych z użyciem nowej instalacji grzewczo-chłodzącej. W wyniku realizacji projektu powstają wielkopłytkowe moduły budowlane zawierające w swoim przekroju system grzewczo-chłodzący zarządzany intuicyjnym układem sterowania.

### Wynalazki, patenty, wdrożenia

Pracownicy WIBHIŚ uzyskali m.in. 2 patenty: *Dynamiczny stabilizator ciśnienia* (nr PAT.233063) oraz *Kanał światłowodowy z funkcją stabilizacji ciśnienia w rurociągu do przesyłu cieczy* (nr PAT.234067) w ramach badań nad ochroną ciśnieniowych rurociągów przed uderzeniem hydraulicznym oraz wykorzystaniem infrastruktury wodociągowej do prowadzenia kabli telekomunikacyjnych. W dwóch innych przypadkach współpraca przy opracowaniu patentu zaowocowała w 2019 r. wyróżnieniami. Zespół w składzie: Kowalski Dariusz, Kowalska Beata, Kwietniewski Marian, Iwanek Małgorzata, Duklewski Wiesław, Dziak Stanisław, Mierzwa Aneta i Kępiński Kamil otrzymał **Złoty Medal w konkursie Eureka** na Międzynarodowych Targach Wynalazczości w Walencji za patent *Studzienka kanalizacyjna*. Rozwiązanie umożliwia w czasie bezawaryjnej pracy systemu kanalizacyjnego niezależny przepływ ścieków w dwóch kierunkach. Natomiast w przypadku niedrożności jednego z kanałów następuje połączenie dwóch strumieni ścieków i odpływ kanałem drożnym. Dzięki jego zastosowaniu można ograniczyć liczbę studzienek w sieciach kanalizacyjnych. Natomiast za patent *Nożowa opaska do nawiercania* zespół w składzie: Kowalski D., Kowalska B., Kwietniewski M., Iwanek M., Duklewski W., Mierzwa A. i Kępiński K. otrzymał **Srebrny Medal na IWIS 2019** –

13. Międzynarodowej Warszawskiej Wystawie Wynalazków. Wyróżniony wynalazek obejmuje udoskonalenie procesów dotyczących pobierania, uzdatniania i dostarczania wody m.in. przez montaż na nożowej opasce do nawiercania urządzeń oraz czujników pomiarowych do sterowania, regulacji, monitorowania i modelowania pracy systemów sieci wodociągowych.

Za monografię pod redakcją dra inż. Jerzego Sowy pt. *Budynki o niemal zerowym zużyciu energii* (Warszawa 2017) powstała w ramach projektu badawczego KODnZEB pn: *Koncepcja dostosowania dwóch wybranych budynków do standardu niemal zeroenergetycznego* dofinansowanego w ramach Funduszu Współpracy Dwustronnej na poziomie Programu Operacyjnego PL04 „Oszczędzanie energii i promowanie odnawialnych źródeł energii” zespół autorów otrzymał  **nagrodę Ministra Infrastruktury**. Wyniki projektu czekają na wdrożenie.

### Edukacja dla gospodarki

W zakresie kształcenia strategia rozwoju Wydziału obejmuje ciągle dostosowywanie oferty edukacyjnej do potrzeb gospodarki i zapewnienie wysokiej jakości nauczania. Przykładowo w 2016 r. uruchomiono na Wydziale studia interdyscyplinarne I stopnia na kierunku **Biogospodarka**, które są prowadzone równoległe w trzech uczelniach: Politechnice Łódzkiej, Politechnice Warszawskiej i Wojskowej Akademii Technicznej. W bieżącym roku uruchomiliśmy II stopień kształcenia na kierunku **Biogospodarka**. W roku 2018 wprowadziliśmy nową specjalność o nazwie **Inżynieria Terenów Zurbanizowanych**.

Jednym z ciekawszych projektów dydaktycznych zrealizowanych w ostatnim okresie jest udział Wydziału w Międzywydziałowym Projekcie Interdyscyplinarnym BIM – mpiBIM (mpi.bim.pw.edu.pl), przeznaczonym dla studentów studiów stacjonarnych I stopnia i II stopnia na kierunku Inżynieria Środowiska. Projekt realizowany jest wspólnie przez pięć wydziałów Politechniki Warszawskiej: Wydział Architektury, Wydział Inżynierii Łądowej, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Wydział Elektryczny i Wydział Zarządzania. Na Wydziale działa 6 studenckich kół naukowych. Mamy około 200 uczestników studiów podyplomowych.

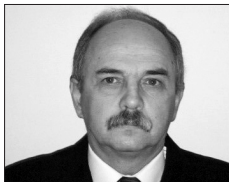
Od 2014 r. na Wydziale działa **Rada Konsultacyjna** złożona z przedstawicieli interesariuszy zewnętrznych, od wielu lat ściśle współpracujących z Wydziałem. **Studia stacjonarne I i II stopnia na kierunku Inżynieria Środowiska**, w zależności od wybranej specjalności, umożliwiają **zdobycie uprawnień budowlanych** z zakresu projektowania i/lub wykonawstwa w specjalności instalacyjnej, tj. sieci, instalacji oraz urządzeń cieplnych, wentylacyjnych, gazowych, wodociągowych i kanalizacyjnych, a także w specjalności inżynierskiej hydrotechnicznej oraz uprawnień konstrukcyjno-budowlanych w ograniczonym zakresie.

### Sukcesy dydaktyczne

Do osiągnięć dydaktycznych ostatnich lat zaliczam uzyskanie w 2019 r. **międzynarodowej akredytacji EUR-ACE® Label dla kierunku Inżynieria Środowiska**, której certyfikat ułatwia absolwentom zdobywanie uprawnień zawodowych w krajach Unii Europejskiej. W okresie pierwszego roku po ukończeniu studiów 95% absolwentów studiów magisterskich znajduje zatrudnienie.

Podnosimy międzynarodową pozycję Wydziału w obszarze badań i kształcenia. Liczba studentów I i II stopnia realizujących pełny program kształcenia w języku obcym wynosi ok. 100. Mamy 33 umowy o wymianie studenckiej. Studia **Master of Science Programme in Euro Hydroinformatics and Water Management (EuroAque+)** realizowane są we współpracy z czterema europejskimi uniwersytetami partnerskimi: University Nice Sophia Antipolis (Francja), Brandenburg University of Technology Cottbus-Senftenberg (Niemcy), Technical University of Catalonia (Hiszpania) oraz University of Newcastle upon Tyne (Wielka Brytania). Realizujemy umowę międzynarodową z Politechniką Lwowską o wspólnym kształceniu studentów na kierunku Inżynieria Środowiska (II stopnia). ■

# Największe osiągnięcia Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach



**prof. dr hab. inż.  
MAREK IWAŃSKI**

Dziekan  
Wydział Budownictwa i Architektury  
Politechniki Świętokrzyska



**dr hab. inż.  
GRZEGORZ ŚWIT, PROF. PŚK**

Wydział Budownictwa i Architektury  
Politechniki Świętokrzyska

Politechnika Świętokrzyska (WBIA) jest jedyną jednostką naukową w kraju oraz jedną z nielicznych w Europie, która realizuje zaawansowane badania dotyczące technologii asfaltu spienianego wodą w celu szerokiego zastosowania jej do wykonawstwa drogowych materiałów konstrukcyjnych.

Wydział Budownictwa i Architektury Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach realizuje wiele interesujących badań w zakresie szeroko pojętego budownictwa.

## Kierunki badawcze

Na szczególną uwagę zasługują dwa główne kierunki badawcze, które są elementem rozpoznawczym jednostki nie tylko w krajowym środowisku naukowym, ale również międzynarodowym. Zaliczyć do nich należy – w zakresie budownictwa drogowe-

go – technologię asfaltu spienionego wodą oraz produkowane na jej bazie mieszanki mineralno-asfaltowe wytwarzane i wbudowywane w obniżonej temperaturze. Badania w tym zakresie realizowane są przez Katedrę Inżynierii Komunikacyjnej. Natomiast drugi kierunek badań dotyczy wykorzystania technologii emisji akustycznej w szeroko pojętej diagnostyce takich obiektów inżynierskich, jak mosty, wiadukty, estakady itp. i jest realizowany przez Katedrę Wytrzymałości Materiałów, Konstrukcji Betonowych i Mostowych.

## Technologia asfaltu spienionego wodą i mieszanki mineralno-asfaltowe

Zastosowanie asfaltu w produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych wymaga doprowadzenia go z konsystencji stałej do płynnej. W tym celu tradycyjną metodą jest podgrzewanie asfaltu do wysokiej temperatury, dochodzącej nawet do 180°C, w której wytwarzane są mieszanki mineralno-asfaltowe. Jest to proces energochłonny oraz powodujący wydzielanie się znacznej ilości gazów cieplarnianych. Innowacyjnym sposobem doprowadzenia asfaltu do konsystencji umożliwiającej wytwarzanie materiałów drogowych jest poddanie gorącego asfaltu oddziaływaniu zimnej wody, w wyniku czego wytwarza się pianą asfaltową. Proces ten wymaga znacznie mniejszej ilości energii oraz zapewnia wytwarzanie mieszanek mineralno-asfaltowych w temperaturze obniżonej o 60°C w porównaniu do tradycyjnego sposobu. Technologię asfaltu spienionego rozpropagował prof. K.J. Jenkins z Republiki Południowej Afryki na przełomie XX i XXI wieku.

Badania Politechniki Świętokrzyskiej w zakresie technologii asfaltu spienianego wodą zostały rozpoczęte w drugiej połowie pierwszej dekady XXI wieku. Dotyczyły one wykorzystania do tej technologii

stosowanych w kraju asfaltów oraz możliwości wykonywania podbudów modernizowanych konstrukcji nawierzchni za pomocą recyklingu głębokiego na zimno. Istotnym czynnikiem, który przyczynił się do możliwości rozwoju naukowego w tym zakresie, było uczestnictwo w realizacji projektu badawczego pt.: *Innowacyjne środki i efektywne metody poprawy bezpieczeństwa i trwałości obiektów budowlanych i infrastruktury transportowej w strategii zrównoważonego rozwoju* przeprowadzanego w ramach POIG, Priorytet 1, Działanie 1.1, Poddziałanie 1.1.2 – POIG 01.01.02-10-106/09-00. W ramach tego projektu zostało zrealizowane Zadanie 4.3 – Recykling na zimno konstrukcji nawierzchni drogi z zastosowaniem technologii asfaltu spienionego w okresie od 01.04.2010 r. do 31.03.2013 r., którego kierownikiem był dr hab. inż. Marek Iwański, prof. PŚK. Efektem realizowanych badań naukowych było opracowanie szczegółowych specyfikacji technicznych dotyczących wykonania recyklowanych podbudów z wykorzystaniem asfaltu spienionego. Przyczyniło się to do wdrożenia tej technologii do praktyki drogowej, czego efektem jest realizacja wielu zadań drogowych z jej wykorzystaniem. Wykona-





Fot. 1. Uniwersalne stanowisko do badań mieszanek mineralno-asfaltowych

no też kilkadziesiąt ekspertów w tym zakresie. Uzyskano dwa patenty dotyczące wykonawstwa recyklowanych podbudów w technologii asfaltu spienionego oraz energooszczędnych mieszanek mineralno-asfaltowych.

Rozwój budowlanych technologii przyjaznych dla środowiska naturalnego spowodował, że na świecie zaczęto rozważać możliwość zastosowania asfaltu spienionego do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych w obniżonej temperaturze wytwarzania i wbudowywania. Intensywne badania w tym zakresie podjęto również na wydziale. Istotnym kierunkiem jest dokonywanie modyfikacji asfaltu przed jego spienieniem za pomocą różnego rodzaju dodatków niskowiskozowych oraz powierzchniowo czynnych środków. Jedne z pierwszych na świecie badań w tym zakresie podjęto na Wydziale Budownictwa i Architektury Politechniki Świętokrzyskiej. Posiadane doświadczenie zostało wykorzystane w czasie realizacji projektu badawczego *Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu* finansowanego przez GDDKiA i NCBiR w zakresie programu Rozwój Innowacji Drogowych w latach 2016–2018. Liderem tego projektu był IBDiM, natomiast Katedra Inżynierii Komunikacyjnej WBiA była jednym z konsorcjantów. Doświadczenie organizacyjne oraz naukowe zdobyte pod-

czas realizacji tego projektu przyczyniło się do otrzymania projektu badawczego *Innowacyjna technologia wykorzystująca optymalizację środka wiążącego przeznaczanego do recyklingu głębokiego na zimno konstrukcji nawierzchni zapewniająca jej trwałość eksploatacyjną* wchodzącego w skład programu strategicznego NCBiR pod nazwą TECHMATSTRATEG1 (49326/9/NCBR/2017). Politechnika Świętokrzyska jest Liderem tego projektu, a konsorcjantami są Politechnika Wroclawska, IBDiM oraz firma wykonawcza BUDAR Sp. z o.o. z Królewca Porzecznego. Projekt jest realizowany w okresie od 18.12.2017 r. do 17.12.2020 r. pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Marka Iwańskiego. Przedmiotem projektu jest określenie zasad wykonywania podbudów modernizowanych dróg w technologii recyklingu głębokiego na zimno z wykorzystaniem asfaltu spienionego lub emulsji asfaltowej z zastosowaniem spoiwa dedykowanego przeznaczanego do realizacji konkretnego zadania drogowego. Opracowane zalecenia w ramach projektu pozwolą na optymalizację realizacji zadań drogowych w zakresie podbudów drogowych.

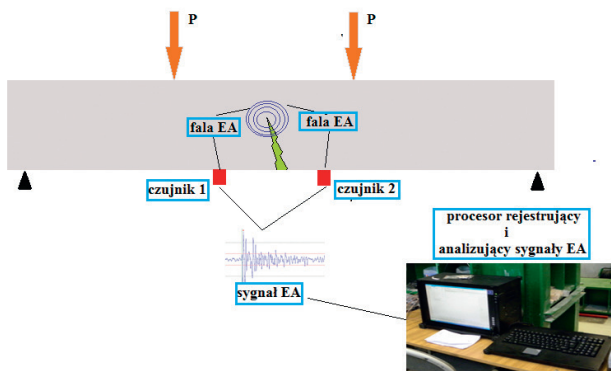
Natomiast w ramach drugiego konkursu dotyczącego programu TECHMATSTRATEG2 (412159/9/NCBR/2019) pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Marka Iwańskiego realizowany jest projekt badawczy pt.: *Technologia wytwarzania innowacyjnych wysokowytrzymałych kompozytów asfaltowych zbrojonych włóknami, z przeznaczeniem do budowy nowych i modernizacji istniejących dróg o zwiększonej trwałości eksploatacyjnej*. Politechnika Świętokrzyska jest Liderem tego projektu, a konsorcjantami są Politechnika Warszawska oraz firma wykonawcza DUKT Sp. z o.o. z Kielc. Projekt jest realizowany w okresie od 1.09.2019 r. do 31.08.2022 r. W jego ramach jest rozwijana technologia asfaltu spienionego w nowym zakresie, dotyczącym możliwości wykorzystania jej do wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej zbrojonej włóknami w celu zapewnienia trwałości w długim okresie eksploatacji nawierzchni.

Należy zaznaczyć, że Politechnika Świętokrzyska (WBiA) jest jedyną jednostką naukową w kraju oraz jedną z nielicznych w Europie, która realizuje zaawansowane badania dotyczące technologii asfaltu spienianego wodą w celu szerokiego zastosowania jej do wykonawstwa drogowych materiałów konstrukcyjnych. W zakresie technologii asfaltu spienianego wodą zostało zrealizowanych kilka rozpraw naukowych, a wyniki badań były prezentowane w prestiżowych czasopismach z listy JCR, jak np. "Construction and Building Materials", "Journal of Cleaner Production" i "Materials". Prace badawcze są kontynuowane w zakresie udoskonalania technologii spieniania asfaltu wodą. ■

## Technologia emisji akustycznej w diagnostyce obiektów inżynierskich

Zagadnienie diagnostyki i monitorowania stanu technicznego konstrukcji betonowych, struno- oraz kablobetonowych, stalowych, kompozytowych czy z tworzyw sztucznych jest tematem bardzo aktualnym i ważnym społecznie. Starzejąca się infrastruktura oraz rosnące obciążenia eksploatacyjne obiektów inżynierskich są głównymi bodźcami dla szybko postępujących badań naukowych nad nową interdyscyplinarną dziedziną wiedzy technicznej o nazwie Monitorowanie Stanu Technicznego Konstrukcji (ang. *Structural Health Monitoring*, SHM). Zagadnienie to jest ściśle powiązane z trwałością oraz czasem bezpiecznej eksploatacji elementów konstrukcji. Pojęcie trwałości materiałów jest używane potocznie, chociaż nie jest ściśle. Szczególne znaczenie ma określenie początku zniszczenia w materiałach i elementach konstrukcyjnych, ponieważ nie ma możli-

wości skutecznego i ekonomicznego zatrzymania wielu procesów zapoczątkowanych, co prowadzi do awarii całej konstrukcji. Dlatego też powstała koncepcja powiązania stanu granicznego trwałości nie z określonym umownie stopniem czy zakresem uszkodzenia elementu konstrukcyjnego, a z inicjacją procesu niszczenia wywołanego pojawieniem się defektów, które w nieunikniony sposób prowadzą do wystąpienia jednego z dwóch tradycyjnych stanów granicznych. W nawiązaniu do wcześniejszych rozważań można stwierdzić, że wpływ degradacji materiału na trwałość elementów betonowych jest trudny do oszacowania. Istnieje wiele metod diagnostyki konstrukcji mierzących pojedyncze parametry, ale z reguły tylko w momencie wykonywania inspekcji. Dlatego też otrzymane wyniki co prawda pokazują obecny stan konstrukcji, jednakże nic nie możemy powiedzieć



Fot. 2. Propagacja sygnału EA generowanego przez pęknięcie wraz z układem pomiarowym.



Fot. 3. Obraz zarysowania belki po zniszczeniu

o dynamice procesów destrukcyjnych w horyzoncie czasowym, co ułatwiłoby oszacowanie trwałości elementów betonowych wybranym modelem statystycznym. Wczesne wykrywanie defektów i odpowiednie metody ich napraw oraz wzmocnienia ułatwią zapobieganie uszkodzeniu konstrukcji. Pozwoli to zaoszczędzić pieniądze wydawane na utrzymanie lub remonty oraz zapewnić bezpieczną pracę konstrukcji przez cały okres ich użytkowania. W związku ze starzeniem się infrastruktury budowlanej istnieje zapotrzebowanie na opracowanie i wdrożenie techniki diagnostycznej nadającej się do ciągłego monitorowania oraz oceny trwałości elementów konstrukcji. W Politechnice Świętokrzyskiej od 1992 roku jest rozwijana metoda emisji akustycznej (EA lub AT), która rozwiązuje powyższe problemy, wykrywając na wczesnym etapie wszystkie procesy destrukcyjne mające wpływ na bezpieczeństwo użytkowania monitorowanych konstrukcji. Bazuje ona na zjawisku, w ramach którego fale ultradźwiękowe o wysokiej częstotliwości generowane są na skutek gwałtownego uwalniania energii wewnątrz materiału, powstającego na przykład podczas inicjacji i rozwoju rys/pęknięć, procesu korozji czy też tarcia. Pierwsze prace prowadzone przez zespół Politechniki Świętokrzyskiej dotyczyły opracowania kryteriów oceny zniszczenia kompozytów polimerowych zbrojonych włóknem szklanym i węglowym oraz opisu procesów towarzyszących zjawisku korozji naprężeniowej w kompozytach na podstawie podstawowych parametrów EA. Prace te realizowano w granicy badawczym w ramach II funduszu polsko-amerykańskiego im. Marii Skłodowskiej-Curie pod kierunkiem prof. Leszka Gołaskiego i prof. Kanji Ono oraz projektu badawczego Komitetu

Badań Naukowych pod kierunkiem mgr. inż. Grzegorza Świta. Od 1999 roku zespół Politechniki Świętokrzyskiej we współpracy ze Świętokrzyskim Zarządem Dróg oraz Instytutem Badania Dróg i Mostów rozpoczął prace nad zastosowaniem metody EA do oceny oraz analizy procesów destrukcyjnych w konstrukcjach strunobetonowych. Dalsze badania dotyczące procesów destrukcyjnych w kompozytach polimerowych z włóknem węglowym i szklanym w środowisku chemicznie czynnym oraz na obiektach mostowych z belek strunobetonowych były prowadzone w dwóch projektach badawczych realizowanych w ramach europejskiego programu COST 534 – *Nowe Materiały i Systemy w Konstrukcjach z Betonu Sprężonego (New Materials and Systems for Prestressed Concrete Structures)* pod kierunkiem prof. Leszka Gołaskiego i dr. inż. Grzegorza Świta. W analizie identyfikacji procesów destrukcyjnych wykorzystano metody grupowania sygnałów akustycznych bazujące na hierarchicznych i niehierarchicznych modelach klasyfikacji. Pozwoliło to na opracowanie nowatorskiego systemu diagnozowania bazującego nie – jak dotychczas – na wykrywaniu defektów i opisie uszkodzeń opierającym się na pojedynczych deskryptorach EA, lecz na procesach destrukcyjnych zachodzących w czasie użytkowania obiektu i opisywanych w przestrzeni 13-parametrowej. To nowe podejście umożliwiło opis stopnia uszkodzenia oraz jego rozległości w sposób ilościowy na podstawie wyników badań rzeczywistych mogących obejmować całą konstrukcję, a nie, jak dotychczas, na subiektywnych badaniach wizualnych lub nieniszczących i materiałowych obejmujących niewielki, subiektywnie wybrany wycinek konstrukcji. Dalsze badania nad doskonaleniem metody EA w ocenie stanu technicznego konstrukcji były prowadzone w ramach trzech grantów podczas projektów NCBiR pod kierunkiem prof. Wiesława Trąpczyńskiego i dr. hab. Barbary Goszczyńskiej, prof. PŚk. Uzyskano 3 patenty dotyczące diagnozowania konstrukcji inżynierskich metodą emisji akustycznej. Efektem tych badań było wykonanie 120 ekspertyz stanu technicznego obiektów mostowych, 35 zbiorników na produkty ropopochodne, 10 wież wsporczych oraz ekspertyzy budynków i innych konstrukcji inżynierskich.

Podsumowaniem wieloletnich prac nad rozwojem metody emisji akustycznej bazującej na identyfikacji procesów destrukcyjnych poprzez analizę bazy sygnałów wzorcowych jest realizacja w ramach konsorcjum z Polską Spółką Gazowniczą Sp. z o.o. w latach 2020–2023 przez zespół pracowników Politechniki Świętokrzyskiej pod kierownikiem dr. hab. Grzegorza Świta, prof. PŚk projektu badawczego NCBiR w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój poddziałanie 1.1.1 – nr POIR.01.01.01-00-1019/19 pt. *Innowacyjny system automatycznej identyfikacji i lokalizacji defektów infrastruktury gazowej wykorzystujący zjawisko emisji akustycznej (Slidig AE)*. Projekt ma na celu stworzenie rozwiązania technologicznego bazującego na pomiarach NDT, w szczególności na metodzie emisji akustycznej i badaniach georadarowych. Zastosowanie tych metod pozwoli na lokalizację i identyfikację potencjalnych uszkodzeń na infrastrukturze gazowej. W tym celu zostaną wykorzystane sieci neuronowe oraz hierarchiczne, niehierarchiczne metody statystyczne analizy Big Data do stworzenia samorozpoznawalnej bazy sygnałów wzorcowych identyfikującej generowane sygnały procesów destrukcyjnych. Proponowane rozwiązanie jest ukierunkowane na wpisanie w unijną strategię dotyczącą tzw. smart grid zgodnie z Rozporządzeniem TEN-E. Rezultatem projektu będzie nowa technologia oraz usługa umożliwiająca zarządcy sieci gazowej optymalną, bezpieczną i ekonomicznie uzasadnioną eksploatację sieci gazowej poprzez: akceptację innych paliw gazowych, „inteligentne” wykorzystanie paliw gazowych oraz kosztowo-efektywną i bezpieczną eksploatację. ■