

Autoreferat

1. Imię i nazwisko

Andrzej Ożadowicz

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu pracy doktorskiej

14.06.1999. **magister inżynier** w dyscyplinie elektrotechnika, specjalności automatyka i metrologia. Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie. Tytuł pracy magisterskiej: „Opracowanie programu sterowania odpylaniem hali lejniczej wielkiego pieca hutniczego z zastosowaniem normy IEC 1131-3”.

25.01.2007. **doktor nauk technicznych** w dyscyplinie elektrotechnika. Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie. Tytuł rozprawy doktorskiej: „Analiza porównawcza dwóch systemów sterowania inteligentnym budynkiem – systemu europejskiego EIB/KNX oraz standardu amerykańskiego na bazie technologii LonWorks”.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

Asystent: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, Katedra Automatyki Napędu i Urządzeń Przemysłowych, od 1.10.2002 do 31.03.2007.

Adiunkt: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, Katedra Automatyki Napędu i Urządzeń Przemysłowych, od 1.04.2007 do 30.09.2012.

Adiunkt: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej, Katedra Energoelektroniki i Automatyki Systemów Przetwarzania Energii, od 1.10.2012 – nadal.

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy

Wskazanie osiągnięcia naukowego przedstawianego do oceny.

4.1. Osiągnięcie naukowe: Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b Ustawy

Osiągnięcie naukowe stanowi cykl publikacji (11) zatytułowany:
„Sieciowe rozproszone systemy automatyki budynkowej w realizacji mechanizmów aktywnego zarządzania energią elektryczną w budynkach, ich otoczeniu oraz w lokalnych mikrosieciach energetycznych”.

4.2. Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe

- [ON1] Noga M., **Ożadowicz A.**, Grela J., Hayduk G.: *Active consumers in Smart Grid systems – applications of the building automation technologies*, Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, 2013 R. 89 nr 6, s. 227–233.
/ Lista B pkt MNiSW: 10 --- liczba cytowań Scopus: 15 /
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał między innymi na przygotowaniu przeglądu literatury przedmiotu oraz analizie regulacji prawnych i standardów dla systemów smart metering w zakresie pomiarów zużycia energii i jakości zasilania oraz uregulowań dla prosumentów. Opracowałem projekt topologii sieci i przeprowadziłem prace implementacyjne systemu zdalnego opomiarowania budynków Parku Naukowo-Technologicznego Euro-Centrum w Katowicach, z wykorzystaniem modułów otwartej sieci rozproszonej systemu BMS standardu LonWorks. Opracowałem koncepcję organizacji i wykorzystania funkcji pomiaru zużycia energii i parametrów zasilania w różnych systemach energetycznych w budynkach, do realizacji wsparcia aktywnych użytkowników energii i prosumentów w obsłudze odbiorników i źródeł energii. Dokonałem edycji i redakcji całości tekstu tego artykułu.
- [ON2] **Ożadowicz A.**, Grela J.: *The street lighting control system: application and case study*, First International Conference on Event-Based Control, Communication and Signal Processing (IEEE EBCCSP 2015): 17–19 czerwca, 2015, Kraków, Polska, e-ISBN: 978-1-4673-7888-8
/ baza Web of Science, pkt. MNiSW: 15 --- liczba cytowań WoS: 4 /
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu projektu technicznego i organizacyjnego systemu zdalnej komunikacji i obsługi sterowników lamp ulicznych oraz ich integracji funkcjonalnej w ramach istniejącej infrastruktury systemu BMS w Laboratorium AutBudNet AGH. Zaprojektowałem strukturę instalacji i funkcji automatyki dla kilku mechanizmów sterowania lampami, m.in. w oparciu o charakterystyczną dla systemów automatyki budynkowej koncepcję sterowania zdarzeniowego. Zaproponowałem procedury testów weryfikujących poprawność działania oraz efektywność proponowanych funkcji sterowania lampami ulicznymi, w ramach instalacji pilotażowej systemu BMS na parkingu kampusu uczelni. Przeprowadziłem analizę wyników pomiarów zużycia energii przez instalację oświetleniową po implementacji różnych mechanizmów sterowania lampami dzięki funkcjom BMS. Przygotowałem przegląd literatury przedmiotu oraz byłem odpowiedzialny za redagowanie i edycję całego artykułu.

- [ON3] **Ożadowicz A.**, Grela J.: *Control application for Internet of Things energy meter – a key part of integrated building energy management system*, 20th IEEE International Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (IEEE ETFA 2015): 8–11 września 2015, Luksemburg, e-ISBN: 978-1-4673-7929-8, / baza Web of Science, pkt. MNiSW: 15 --- liczba cytowań WoS: 17 /
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu i zaprojektowaniu bloków funkcjonalnych licznika energii i funkcji logowania danych. Przeprowadziłem również proces ich implementacji w module pomiarowym z interfejsem do sieci teleinformatycznych oraz Internetu Rzeczy - IoT. Zainicjowałem przygotowanie procedur testowych dla prototypu systemu zdalnego pomiaru zużycia energii na bazie uniwersalnego mikrokomputera Raspberry Pi, wraz z integracją opracowanego wcześniej interfejsu systemowego BMS i bloków funkcjonalnych. Opracowałem przegląd literatury i informacji technicznych, związanych z realizacją systemów sterowania i zarządzania budynkami w oparciu o koncepcję rozwojową technik i sieci teleinformatycznych IoT. Przeprowadziłem procedury redakcyjne i edycji całego artykułu.
- [ON4] **Ożadowicz A.**, Grela J.: *An event-driven Building Energy Management System enabling active demand side management*, EBCCSP 2016 Second International Conference on Event-Based Control, Communication and Signal Processing: 13–15 czerwca 2016, Krakow, Poland, ISBN: 978-1-5090-4196-1 e-ISBN: 978-1-5090-4195-4.
/ baza Web of Science, pkt. MNiSW: 15 --- liczba cytowań WoS: 10 /
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu i zaprojektowaniu bloków funkcjonalnych dla licznika energii i modułu logowania danych ze zmiennymi i nowymi funkcjami zarządzania popytem. Rozwiązałem też problem doboru i opracowania funkcji przetwarzania danych pomiarowych z licznika energii w czasie. Zaprojektowałem algorytmy zdarzeniowe przetwarzania danych pomiarowych, z elementami charakterystycznymi dla systemów automatyki budynkowej i przemysłowej. Opracowałem analizę wyników końcowych oraz przeprowadziłem krytyczny przegląd literatury przedmiotu dla zagadnień prezentowanych w artykule.
- [ON5] Babar M., **Ożadowicz A.**, Grela J.: *Implementation of a demand elasticity model in the Building Energy Management System*, EBCCSP 2016 Second International Conference on Event-Based Control, Communication and Signal Processing: 13–15 czerwiec 2016, Krakow, Poland, ISBN: 978-1-5090-4196-1. e-ISBN: 978-1-5090-4195-4.
/ baza Web of Science, pkt. MNiSW: 15 --- liczba cytowań WoS: 5 /
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał między innymi na opracowaniu koncepcji sterowania i zaprojektowaniu bloku funkcjonalnego, jako elementu interfejsu systemowego dla funkcji aplikującej model elastycznego zarządzania popytem na energię w budynkach. W szczególności, opracowałem koncepcję doboru i wykorzystania standardowych typów zmiennych sieciowych, z możliwością ich integracji w ramach otwartych, rozproszonych systemów automatyki budynkowej oraz technologii IoT. Opracowałem również przegląd literatury przedmiotu oraz byłem odpowiedzialny za redagowanie i edycję całości artykułu.



- [ON6] **Ożadowicz A.**, Grela J.: *Energy saving in the street lighting control system – a new approach based on the EN-15232 standard*, Energy Efficiency, 2017 vol. 10 iss. 3, s. 563–576. Bibliogr. s. 575–576
/ Lista A, IF: 1,634, pkt. MNiSW: 20 --- liczba cytowań WoS: 15 /
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu struktury funkcjonalnej scenariuszy sterowania oświetleniem ulicznym dla przestrzeni parkingu oraz technicznej ich realizacji w konkretnej instalacji na kampusie uczelni. Zaproponowałem projekt techniczny i logiczny/funkcjonalny integracji systemu sterowania lamp na parkingu z infrastrukturą systemu BMS standardu LonWorks w Laboratorium AutBudNet AGH. Przeprowadziłem realizację systemu zdalnej komunikacji i obsługi sterowników lamp ulicznych, wraz z integracją funkcji sterowania w ramach systemu BMS Laboratorium AutBudNet AGH. Opracowałem wyniki badań i testów realizowanych na instalacji lamp, wraz z ich analizą i opracowaniem wniosków końcowych. Opracowałem także przegląd literatury przedmiotu oraz brałem udział w pracach redakcyjnych całości tekstu artykułu.
- [ON7] Babar M., Grela J., **Ożadowicz A.**, Nguyen P. H., Hanzelka Z., Kamphuis I. G.: *Energy flexometer: An effective implementation of Internet of Things for market-based demand response in an energy management system*, 2017 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe: Milan, Włochy, 6 - 9 czerwca 2017
/ baza Web of Science, pkt. MNiSW: 15 --- liczba cytowań WoS: 4 /
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu koncepcji i projektu układu rozwojowego dla licznika energii implementującego model elastycznego zarządzania popytem na energię, z uwzględnieniem sygnałów z rynku energii (cena, taryfa). Przeprowadziłem analizę techniczną i procedury doboru elementów opisanego w artykule interfejsu systemowego dla licznika energii w postaci trzech bloków funkcjonalnych, dedykowanych do komunikacji w otwartych sieciowych systemach automatyki budynkowej i systemów BMS. Opracowałem przegląd literatury przedmiotu oraz organizowałem prace redakcyjne artykułu oraz byłem odpowiedzialny za edycję całości tekstu.
- [ON8] **Ożadowicz A.**, Grela J.: *Impact of Building Automation Control Systems on Energy Efficiency – University Building Case Study*, ETFA'2017: 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies & Factory Automation: 12–15 września 2017, Limassol, Cypr
/ baza Web of Science, pkt. MNiSW: 15 --- liczba cytowań WoS: 4 /
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu procedur eksperymentów weryfikacyjnych dla scenariuszy sterowania infrastrukturą pomieszczeń dydaktycznych i laboratoryjnych. Dokonałem wyboru scenariuszy sterowania, wraz z doбором aktywnych elementów infrastruktury pomieszczeń oraz elementów monitorujących pracę urządzeń i zużycie energii. Przeprowadziłem analizę wyników badań i porównanie z wskaźnikami efektywności energetycznej dla określonych klas systemów automatyki budynkowej i zarządzania budynkami BMS. Opracowałem także przegląd literatury przedmiotu oraz prowadziłem prace redakcyjne i edycję całości tekstu artykułu.

- [ON9] **Ożadowicz A.:** *A New Concept of Active Demand Side Management for Energy Efficient Prosumer Microgrid with Smart Building Technologies*, *Energies*, vol. 10, no. 11, p. 1771, Nov. 2017
/ Lista A, IF: 2,676, pkt. MNiSW: 25 --- liczba cytowań WoS: 10 /
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przygotowaniu kompleksowej, nowej koncepcji systemu aktywnego zarządzania popytem, bazującego na obsłudze zdarzeń i pozwalającego na wykorzystanie oraz integrację różnych, otwartych technologii automatyki budynkowej. Zaproponowałem system dedykowany instalacjom prosumenckim mikrosieci energetycznych z infrastrukturą budynków oraz OZE i zasobników energii. Ponadto, opracowałem, zaprojektowałem i przedstawiłem oryginalny interfejs systemowy uniwersalnych bloków funkcjonalnych dla realizacji funkcji sterowania i monitoringu w ramach systemu zarządzania energią i popytem w mikrosieciach prosumenckich. Zaproponowałem i przeanalizowałem możliwości oraz zakres rozszerzenia modelu elastycznego popytu, w perspektywie jego integracji w ramach systemów automatyki budynkowej i zarządzania BMS. Ponadto dokonałem weryfikacji i analizy różnych scenariuszy sterowania, ukierunkowanych na poprawę ogólnej efektywności instalacji prosumenckich, wraz z dyskusją zakresu potencjalnych oszczędności energii. Opracowałem przegląd literatury przedmiotu oraz przeprowadziłem kompleksowy proces edycji całości tekstu artykułu.
- [ON10] Babar M., Grela J., **Ożadowicz A.**, Nguyen P. H., Hanzelka Z., Kamphuis I. G.: *Energy Flexometer: Transactive Energy-Based Internet of Things Technology*, *Energies*, vol. 11, no. 3, p. 568, Mar. 2018
/ Lista A, IF: 2,707, pkt. MNiSW: 25 --- liczba cytowań WoS: 6 /
Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu, zaplanowaniu i realizacji eksperymentów, testów i pomiarów. Byłem odpowiedzialny za realizację badań na instalacji pilotażowej oraz zainicjowałem niektóre wątki dotyczące analizy i prezentacji ich wyników. Opracowałem także przegląd literatury przedmiotu oraz przeprowadziłem prace redakcyjne i edycję całości tekstu artykułu.
- [ON11] Kaminska A., **Ożadowicz A.:** *Lighting Control Including Daylight and Energy Efficiency Improvements Analysis*, *Energies*, vol. 11, no. 8, p. 2166, Aug. 2018
/ Lista A, IF: 2,707, pkt. MNiSW: 25 --- liczba cytowań WoS: 22 /
Mój wkład w przygotowanie tej pracy polegał na przedstawieniu i krytycznej analizie wytycznych normy PN-EN 15232 w zakresie doboru funkcji sterowania oświetleniem. Na jej podstawie opracowałem zróżnicowane strategie sterowania oświetleniem w pomieszczeniach budynku poddanego pracom eksperymentalnym i testowym, ukierunkowane na zwiększenie efektywności energetycznej pomieszczeń. Na podstawie wyników przeprowadzonych eksperymentów, przeanalizowałem potencjalne obszary i poziom redukcji zużycia energii dla różnych scenariuszy sterowania, wraz z omówieniem otrzymanych wyników. Zainicjowałem opracowanie kilku elementów związanych z wykorzystaniem funkcji automatyki w implementacji oryginalnej metody estymacji potencjalnych oszczędności energii na oświetlenie. Opracowałem także przegląd literatury przedmiotu oraz uczestniczyłem w pracach redakcyjnych całości tekstu artykułu.

W autoreferacie przyjęto następujące oznaczenia pozycji publikacyjnych i bibliograficznych:

[ON1], [ON2], [ON3]... - publikacje stanowiące osiągnięcie naukowe autora zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b Ustawy,

[1], [2], [3]... - publikacje autora nie wchodzące w skład osiągnięcia naukowego oraz publikacje innych autorów i pozycje bibliograficzne z obszaru zagadnień badawczych i rozwojowych, powiązanych z obszarem tematycznym przedstawianego i omawianego w autoreferacie osiągnięcia naukowego.

4.3. Omówienie celu naukowego wymienionych prac i osiągniętych wyników

Poprawa efektywności energetycznej budynków, wraz z realizacją systemów i mechanizmów aktywnego zarządzania energią w budynkach oraz powiązanych z nimi lokalnych mikrosieciach energetycznych, stanowią jedno z najistotniejszych zagadnień badawczo-rozwojowych podejmowanych w ostatnich kilkunastu latach w branży automatyki budynkowej i systemów zarządzania budynkami BMS (ang. Building Management System) [1]–[5]. Mają one szczególnie znaczenie w kontekście budownictwa zrównoważonego energetycznie, realizacji budynków i domów pasywnych oraz ich włączenia w struktury inteligentnych sieci elektroenergetycznych. Aktywnemu wykorzystaniu funkcji i systemów BMS sprzyja także intensywny rozwój technologii sieciowych systemów komunikacji i transmisji danych ICT (ang. Information and Communication Technologies), wraz z ich aplikacjami w obszarze monitoringu i sterowania urządzeń infrastruktury budynkowej oraz inteligentnych sieci elektroenergetycznych SG (ang. Smart Grid).

W tym nurcie podjąłem wraz z innymi licznymi zespołami naukowymi na świecie, prace koncepcyjne i badawczo-wdrożeniowe w zakresie organizacji technicznej i funkcjonalnej systemów zarządzania popytem na energię elektryczną DSM (ang. Demand Side Management) oraz aktywnego udziału strony popytowej (odbiorcy, prosumenci) w zarządzaniu energią ADR (ang. Active Demand Response) [6]–[10]. Przedstawiony do oceny dorobek publikacyjny, wraz z prezentowanymi w nim wynikami badań, stanowi w znaczącej mierze owoc moich prac i aktywnego udziału w realizacji zadań badawczych w kilku projektach badawczo-rozwojowych:

- Analiza porównawcza dwóch systemów sterowania inteligentnym budynkiem – systemu europejskiego EIB/KNX oraz standardu amerykańskiego na bazie technologii LonWorks, grant promotorski; instytucja finansująca KBN. Okres realizacji: 2003-2006,
- Energooszczędne sterowanie oświetleniem ulicznym – instalacja pilotażowa AGH, grant uczelniany zamawiany AGH. Okres realizacji: 2006-2008,
- Zoptymalizowanie zużycia energii elektrycznej w budynkach, w ramach Strategicznego projektu NCBR pt.: Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków. Okres realizacji 2010-2013,
- Metodyka i narzędzia do oceny poprawy efektywności energetycznej budynków użyteczności publicznej w wyniku zastosowania urządzeń i systemów automatyki budynków zgodnych z normą PN-EN ISO/IEC 14908. Projekt NCN. Okres realizacji: 2011-2014,

- Rewitalizacja prosumenckich mikroinstalacji energoelektrycznych (REWIPROMIEN), projekt NFOŚiGW oraz NCBR, w ramach programu GEKON – Generator Koncepcji Ekologicznych. Okres realizacji: 2015-2016.

Opracowane przeze mnie nowe funkcje monitoringu i sterowania, wraz z dedykowanymi dla nich scenariuszami aplikacyjnymi i nowymi elementami interfejsu logicznego dla urządzeń automatyki budynkowej, stanowią mój wkład w rozwój mechanizmów aktywnego zarządzania energią elektryczną w budynkach, ich otoczeniu oraz w lokalnych mikrosieciach energetycznych, dzięki wykorzystaniu technologii i funkcji sieciowych, rozproszonych systemów automatyki budynkowej (ang. Building Automation and Control System - BACS).

4.3.1. Kształtowanie głównego nurtu zainteresowań i prac badawczych

Prezentowany cykl artykułów naukowych podsumowuje istotny fragment prowadzonych przeze mnie prac badawczych z obszaru zastosowań systemów BACS w obsłudze infrastruktury budynków i ich otoczenia. Publikacje cyklu pochodzą z okresu po obronie pracy doktorskiej, jednak same badania i prace koncepcyjne podjąłem już wcześniej, wraz z rozpoczęciem studiów doktoranckich pod opieką prof. Zbigniewa Hanzelki. W latach 2002-2007 opracowałem koncepcję wykorzystania BACS i technologii otwartego standardu automatyki LonWorks [11] w zdalnym opomiarowaniu zużycia energii elektrycznej dla budynku kampusu AGH, wraz z wdrożeniem instalacji pilotażowej systemu BMS [12], [13]. W ramach realizowanego wówczas grantu promotorskiego KBN „*Analiza porównawcza dwóch systemów sterowania inteligentnym budynkiem – systemu europejskiego EIB/KNX oraz standardu amerykańskiego na bazie technologii LonWorks*” prowadziłem badania i analizy możliwości funkcjonalnych modułów BACS oraz liczników energii i analizatorów jakości zasilania, z interfejsami komunikacji do sieci BACS standardów LonWorks i KNX [14]. Założenia koncepcyjne ich wykorzystania w zarządzaniu energią i poprawie niezawodności działania urządzeń elektrycznych w budynkach, prezentowałem na krajowych konferencjach naukowych oraz w kilku publikacjach branżowych m.in. [15]–[17]. Istotnym aspektem tych badań była też weryfikacja niezawodności komunikacji danych pomiarowych w magistralach sieciowych BACS, której wyniki przedstawiłem w [18], [19]. Wyniki prac badawczych z tego okresu zebrałem również w pracy doktorskiej, obronionej w roku 2007.

Po obronie doktoratu, podjąłem badania w zakresie opracowania i weryfikacji możliwości technicznych oraz funkcjonalnych organizacji systemów monitoringu i zarządzania różnymi rodzajami energii w budynkach oraz kompleksach budynkowych. W latach 2010-2013 przeprowadziłem badania i analizowałem ich wyniki m.in. dla instalacji sterownia oświetleniem przestrzeni publicznych w otoczeniu budynków oraz instalacji zdalnego monitoringu zużycia energii elektrycznej w budynkach Parku Naukowo-Technologicznego Euro-Centrum w Katowicach (PNT Euro-Centrum) oraz budynku na terenie kampusu AGH [20], [21]. Uczestnicząc w realizacji zadania badawczego „*Zoptymalizowanie zużycia energii elektrycznej w budynkach*” w ramach strategicznego projektu NCBR pt.: „*Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków*”, opracowałem struktury systemów pomiarowych dla wspomnianych budynków, wraz z elementami interfejsu obsługi funkcji pomiarowych i monitorujących w ramach BACS i BMS [22]–[24]. Zebrane w tym okresie doświadczenia oraz wyniki analiz technicznych i parametrycznych urządzeń oraz systemów BACS, pozwoliły na zaproponowanie koncepcji rozwojowej funkcji i narzędzi dla aktywnego wsparcia odbiorców energii elektrycznej i prosumentów.

4.3.2. Problematyka zarządzania energią elektryczną w budynkach i ich otoczeniu

W wyniku realizacji zadań badawczych i prac wdrożeniowych systemu zdalnego opomiarowania budynków użyteczności publicznej i komercyjnych w projekcie „Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków”, w pracy [ON1], przedstawiłem najważniejsze założenia organizacyjne i techniczne dla takich systemów, wraz ze wskazaniem ich potencjalnych obszarów aplikacyjnych w instalacjach systemu monitoringu i zarządzania energią w wybranych budynkach. Proponowaną koncepcję systemową opisałem na przykładzie aplikacji (tzw. case study) w budynkach PNT Euro-Centrum i AGH, wyposażonych w sieciowe systemy BACS standardu LonWorks. **Innowacyjnym elementem opracowanego przeze mnie rozwiązania systemowego było wprowadzenie funkcji i narzędzi BACS, umożliwiających aktywną reakcję, odpowiedź strony popytowej ADR. Dzięki ich aplikacji w ramach struktury systemu BMS uruchomiono mechanizmy zarządzania różnymi rodzajami energii w budynkach. Możliwe stało się również wykorzystanie interfejsu graficznego paneli operatorskich oraz rozproszonych sterowników i modułów wykonawczych, zintegrowanych w ramach obiektowej, rozproszonej sieci automatyki budynkowej standardu LonWorks i systemu BMS. Opracowany i wdrożony wówczas system wciąż funkcjonuje w obiektach PNT Euro-Centrum i na kampusie AGH.**

Problematykę monitoringu i zarządzania energią elektryczną z wykorzystaniem technologii i systemów BACS, podjąłem również w szczególnym kontekście wspomnianego wcześniej sterowania oświetleniem przestrzeni wokół budynków. Po moim aktywnym udziale w granie uczelnianym zamawianym (GUZ-AGH) w latach 2006-2008, gdzie opracowałem projekt instalacji pilotażowej oświetlenia ulicznego na jednym z parkingów kampusu AGH i uczestniczyłem w jej technicznej realizacji, w publikacji [ON2] opisałem opracowaną przeze mnie strukturę systemu sterowania zainstalowanych tam lamp, zintegrowaną z siecią BMS jednego z budynków kampusu AGH. Jej istotnym elementem są **unikalne mechanizmy i algorytmy sterowania lampami ulicznymi, z charakterystyczną dla systemów BACS koncepcją reagowania na zdarzenia (ang. event-based) [25]–[28].** Po ich wdrożeniu we wspomnianej instalacji z funkcjami monitoringu i sterowania BACS w technologii LonWorks, przeprowadziłem pomiary zużycia energii wraz z analizą ich wyników, wykazując korzyści wynikające z wdrożenia opracowanego przeze mnie podejścia do sterowania, opartego o reakcję na zdarzenia takie jak zmienny poziom światła dziennego czy obecność osób w oświetlanej przestrzeni. Przeprowadziłem też analizę uzyskanych oszczędności i redukcji zużycia energii elektrycznej. Dzięki wprowadzeniu opracowanych przez mnie mechanizmów uzyskano oszczędności w zużyciu energii na poziomie nawet 45%. Wdrożone rozwiązania techniczne i wyniki badań prowadzonych na instalacji pilotażowej lamp, były też prezentowane i dyskutowane na kilku konferencjach międzynarodowych m.in. ETFA w latach 2014-2015.

Odnotowanie tak znaczących poziomów redukcji zużycia energii spowodowało, iż w miarę postępu prowadzonych przeze mnie prac badawczych, skupiłem się na możliwości skutecznego wykorzystania różnych funkcji monitoringu stanu pracy lamp ulicznych i sterowania ich pracą w zarządzaniu energią, dzięki zróżnicowaniu poziomu ich integracji oraz stopnia rozproszenia czujników i modułów wykonawczych w systemach BACS i BMS. Problematyka ta pojawiła się w pracach badawczych obszaru automatyki budynkowej, wraz z wprowadzeniem standardu PN-EN 15232 [29] i eksperymentami poświęconymi weryfikacji jego zapisów dotyczących doboru funkcji automatyki oraz klas efektywności energetycznej systemów BACS.

Dlatego też, uwzględniając funkcje i koncepcje sterowania elementami infrastruktury budynków i ich otoczenia, analizowane i prezentowane przez różne zespoły badawcze [30]–[33], zmodyfikowałem opracowane wcześniej przeze mnie scenariusze sterowania lamp

ulicznych, badając między innymi zróżnicowane poziomy integracji funkcji automatyki i mechanizmów sterowania zdarzeniowego. W publikacji [ON6] **zapropomowałem zupełnie nowe, aktywne scenariusze sterowania oświetleniem przestrzeni publicznych, wraz z elementami obsługi danych o zdarzeniach i wykazałem, że przyczyniają się one do zwiększenia efektywności energetycznej takich instalacji.** Odnosząc się też do klas efektywności systemów BACS, przeprowadziłem kompleksową analizę zmian poziomu zużycia energii dla różnych scenariuszy sterowania. Określiłem zakresy powiązanej z nimi poprawy efektywności energetycznej dla całej instalacji, a uzyskane poziomy redukcji wahały się od 40% do 45%, zależnie do klasy i poziomu integralności systemu BACS (różne koszty realizacji). Uzyskane wyniki pozwoliły na miarodajne i ujednolicone ich porównanie z poziomami oszczędności energii wynikającymi bezpośrednio z zapisów wspomnianej normy oraz ich odniesienie do wyników prac innych zespołów badawczych [34]–[36], jako głos w toczącej się dyskusji naukowo-inżynierskiej. Poziomy redukcji uzyskane w prowadzonych przez mnie badaniach wskazały na wysoki potencjał funkcji systemów BACS w poprawie efektywności energetycznej systemów oświetlenia, większy niż wskaźniki przyjęte we wspomnianej normie. Instalacja oświetlenia z wdrożonymi scenariuszami sterowania i monitoringu wciąż funkcjonuje na parkingu kampusu AGH oraz jako integralny element systemu automatyki budynkowej Laboratorium AutBudNet AGH, a jej efektywność jest monitorowana z wykorzystaniem opracowanych przez mnie funkcji systemu BMS.

4.3.3. Mechanizmy aktywnego i elastycznego zarządzania popytem na energię z wykorzystaniem systemów automatyki budynkowej i Internetu Rzeczy

Dominującym nurtem mojej aktywności naukowo-badawczej pozostaje jednak rozwój koncepcji i narzędzi wsparcia użytkowników budynków (odbiorców i prosumentów) w organizacji systemów aktywnego zarządzania energią oraz poprawy ogólnej efektywności energetycznej budynków, dzięki zastosowaniu rozproszonych i zintegrowanych funkcjonalnie systemów BACS. Wraz z pojawianiem się nowych technologii, ewoluują również moje koncepcje i propozycje rozwiązań technicznych.

Prace badawcze i rozwojowe w tym obszarze tematycznym prowadziłem w ramach zadań podejmowanych w kilku projektach badawczych: (i) zadanie „*Opracowanie koncepcji organizacji systemów zarządzania energią w systemach automatyki budynkowej i analiza ich wpływu na efektywność energetyczną budynków*” oraz (ii) zadanie „*Opracowanie analizy możliwości technicznych i funkcjonalnych integracji technologii Internetu Rzeczy w systemach automatyki budynkowej*” w ramach programu SPIN Małopolskie Centra Transferu Wiedzy oraz (iii) projekt NCN: „*Metodyka i narzędzia do oceny poprawy efektywności energetycznej budynków użyteczności publicznej w wyniku zastosowania urządzeń i systemów automatyki budynków zgodnych z normą PN-EN ISO/IEC 14908*”.

Uwzględniając nowy paradygmat Internetu Rzeczy, podjąłem prace zmierzające do opracowania licznika energii z elementami monitoringu i funkcji zarządzania energią elektryczną, dedykowanego do integracji w ramach rozproszonych systemów automatyki budynkowej i zarządzania budynkami. W pracy [ON3] **przedstawiłem koncepcję takiego licznika wraz z projektami nowych bloków funkcjonalnych dla licznika energii elektrycznej (IoT Energy Meter) oraz logera danych (IoT Energy Logger), jako interfejsu logicznego, opracowane zgodnie z wytycznymi otwartego, międzynarodowego standardu automatyki budynkowej LonWorks [11] oraz z uwzględnieniem nowej platformy komunikacji sieciowej w tym standardzie - Internetu Rzeczy IzoT [37], [38].** Bloki te zaimplementowałem w prototypowym module licznika jako węzła sieciowego LonWorks, zbudowanego na bazie mikrokomputera Raspberry Pi. Powiązane z nimi zmienne sieciowe pozwoliły na prowadzenie pomiarów zużycia energii oraz podstawowych parametrów zasilania

w instalacji zasilania i systemu BMS w Laboratorium AutBudNet AGH. Wyniki przeprowadzonych testów i badań potwierdziły funkcjonalność modułu z nowym interfejsem logicznym funkcji monitorujących oraz możliwości jego pełnej integracji w środowisku systemu BACS standardu LonWorks. Otworzyło to możliwości budowy innowacyjnych, specjalizowanych modułów monitoringu i zarządzania energią, korzystających z funkcji sterowania urządzeniami infrastruktury budynków i mikrosieci elektroenergetycznych, zintegrowanych w ramach sieciowych systemów BACS. Opracowałem też wówczas pierwsze koncepcje ich zastosowania do poprawy efektywności energetycznej mikrosieci oraz realizacji aktywnego zarządzania popytem na energię ADR i DSM, które prezentowałem w kilku publikacjach spoza cyklu [39], [40].

Dla efektywnego wdrożenia mechanizmów ADR i DSM w perspektywie interaktywnych sieci zasilania (komunikacja Operatora Systemu Dystrybucji - OSD, odbiorcy i prosumenta oraz informacji z rynku energii - taryfy), wymagane jest m.in. precyzyjne ustalenie i predykcja poziomu popytu na energię w mikrosieci odbiorcy-prosumenta. W publikacjach [6], [41]–[46] proponowane są różne algorytmy i mechanizmy przetwarzania danych pomiarowych służące temu celowi. Po ich analizie, w pracy [ON4] **zaproponowałem kilka nowych wariantów, modyfikacji i możliwych podejść do organizacji procedury obliczenia poziomu popytu na energię, z uwzględnieniem aspektu czasowego i zdarzeniowego. Opracowane przeze mnie algorytmy obliczania poziomu popytu charakteryzuje większa dokładność obliczanej wartości popytu i szybkość przetwarzania danych. Ponadto, zaproponowane algorytmy obliczeń poziomu popytu stanowią wprost rozwinięcie aplikacyjne dla zaprojektowanych wcześniej bloków funkcjonalnych licznika energii i logera danych.** Po ich implementacji i testach weryfikacyjnych w środowisku Matlab, przeprowadziłem analizę efektywności poszczególnych algorytmów, wskazując w pracy [ON4] potencjalne obszary aplikacyjne dla różnych mechanizmów predykcji zapotrzebowania na energię elektryczną w systemach zarządzania energią, na bazie danych z systemów BACS i BMS.

Doświadczenia z prac naukowo-badawczych przy opracowaniu innowacyjnego licznika energii i logera danych pomiarowych, z interfejsem sieciowych systemów BACS, pozwoliły na podjęcie wyzwania jakim była implementacja i rozwinięcie nowego modelu elastycznego zarządzania popytem, którego wstępną koncepcję opracował zespół naukowy z TU Eindhoven [47], [48]. Prace badawcze w tym zakresie rozpocząłem wraz z podjęciem roli konsultanta naukowego doktoranta z TU Eindhoven, realizującego pracę doktorską w zespole swojej macierzystej uczelni oraz na Akademii Górniczo-Hutniczej, z promotorską opieką prof. Zbigniewa Hanzelki. We wspomnianym modelu istotnym czynnikiem decydującym o elastyczności zarządzania popytem w instalacji odbiorcy-prosumenta były dane o charakterze zdarzeniowym (zmiana ceny energii, taryfy). Dlatego też zainicjowałem proces jego modyfikacji i zdecydowałem o rozszerzeniu tej koncepcji o inne sygnały o podobnym charakterze, które mają znaczenie z punktu widzenia wzrostu/spadku zapotrzebowania na energię w budynkach. **W pracy [ON5] zaproponowałem w pierwszej kolejności uwzględnienie we wspomnianym modelu danych z systemu BMS o obecności/nieobecności osób w pomieszczeniach budynków i włączenie ich do algorytmu obliczania zmiennej, elastycznej wartości poziomu popytu (procedura na bazie algorytmu Q-learning).** Przeprowadzone w środowisku Matlab symulacje tak zmodyfikowanego algorytmu potwierdziły słuszność przyjętych założeń i wskazały na jego zwiększoną dokładność oraz skuteczność predykcji poziomu popytu, bez negatywnego wpływu na szybkość prowadzenia obliczeń i przetwarzania danych. Bazując na tych doświadczeniach, w publikacji [ON5] opracowałem też koncepcję i przedstawiłem projekt nowego bloku funkcjonalnego (IoT Demand Elasticity Learner) dla licznika lub modułu monitoringu energii elektrycznej, implementującego algorytm elastycznego zarządzania popytem w strukturach

otwartych sieciowych systemów BACS. Dla nowego bloku funkcjonalnego dobrałem unikalny zestaw zmiennych sieciowych i wskazałem ich znaczenie w realizacji funkcji sterowania oraz monitoringu. Ze względu na zachowanie zgodności z otwartymi standardami sieci automatyki budynkowej, blok ten w szczególności może być zintegrowany z poprzednio opracowanymi blokami licznika i logera, rozszerzając ich funkcjonalność.

Jako rozwinięcie opisanych wcześniej prac badawczych, w publikacji [ON7] **opracowałem nową koncepcję aplikacyjną licznika energii z funkcjami zarządzania energią i aktywnej odpowiedzi strony popytowej** **ADR, wraz z nowym, kompleksowym interfejsem logicznym bloków funkcjonalnych i zmiennych sieciowych otwartego standardu BACS. Koncepcję i projekt licznika nazwano Energy Flexometer.** Współpracując z doktorantem TU Eindhoven, opracowałem nowe elementy interfejsu logicznego, wraz z implementacją dedykowanej maszyny stanów w strukturze prototypowej dla modułu licznika Energy Flexometer na platformie mikrokomputera Raspberry Pi. Po zbudowaniu i uruchomieniu prototypów dwóch modułów liczników Energy Flexometer, przygotowałem wraz z doktorantem przedstawione w publikacji [ON7] środowisko testowe dla weryfikacji skuteczności ich działania, szczególnie w perspektywie implementacji w systemie BMS z funkcjami ADR. Wyniki przeprowadzonych testów wskazały na zasadność zaproponowanej przeze mnie koncepcji włączania do algorytmu obliczeń/estymacji poziomu popytu parametrów o charakterze zdarzeniowym z sieci BACS (cena energii, obecność osób), które skutkowały skróceniem czasu przetwarzania danych pomiarowych w maszynie stanów i dostarczenia precyzyjnej informacji o zmianie poziomu popytu przez odpowiednią zmienną sieciową z bloku funkcjonalnego IoT Demand Elasticity Learner.

W publikacji [ON10] zaproponowałem wykorzystanie licznika Energy Flexometer w realizacji kompleksowej platformy wieloagentowego systemu DEMS (dynamicznego zarządzania energią), w konwencji nowego paradygmatu transaktywnego zarządzania energią (ang. transactive energy) w lokalnych mikrosieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia [49]–[51]. W tej platformie liczniki Energy Flexometer włączone w sieciowy system BACS aktywnie wymieniają dane z agregatorem sieci lokalnej i uczestniczą w dynamicznym mechanizmie licytacji, przetargu na cenę energii dla danego odbiorcy-prosumenta. W pracy [ON10] przedstawiłem również opracowany przeze mnie we współpracy z doktorantem z TU Eindhoven algorytm uczenia i predykcji zmian poziomu popytu na energię oraz jej kosztów z jednodniowym wyprzedzeniem. W oparciu o wyniki symulacji i eksperymentów dla platformy DEMS, na bazie stanowiska zaproponowanego wcześniej w pracy [ON7], wykazałem wysoką skuteczność algorytmu elastycznego zarządzania popytem na energię, w szczególności przy uwzględnieniu danych zdarzeniowych z sieciowych, rozproszonych systemów BACS i BMS.

Bazując na pozytywnych wynikach tych prac oraz na wynikach badań realizowanych w ramach projektu badawczo-rozwojowego „*Rewitalizacja prosumenckich mikroinstalacji energoelektrycznych (REWIPROMIEN)*” w programie GEKON – Generator Koncepcji Ekologicznych, finansowanym przez NFOŚiGW i NCBR, w publikacji [ON9] **opracowałem własną, nową koncepcję organizacji i funkcjonalnej realizacji systemu aktywnego zarządzania stroną popytową w rozszerzonych strukturach lokalnych mikrosieci energetycznych, zintegrowanych z budynkami.** Korzysta ona z dwóch elementów: (i) modelu elastycznego zarządzania popytem rozwijanym we współpracy z doktorantem TU Eindhoven i opisanym w publikacjach [ON7] i [ON10] oraz (ii) wybranych funkcji sterowania i technicznego zarządzania budynkami, oferowanych przez sieciowe, otwarte i rozproszone systemy BACS. Wytyczne organizacji takiego systemu opracowałem analizując uogólnioną architekturę i techniczną infrastrukturę współczesnych mikrosieci energetycznych prosumenta, dyskutowaną m.in. w [5], [52]–[55], wraz z elementami zarządzania w niej różnymi rodzajami

energii (elektryczna, ciepła, chłód) i popytem na energię, dzięki funkcjom systemów BACS i BMS. Zebrawszy wyniki tych analiz, w pracy [ON9] przeprowadziłem szczegółową analizę funkcjonowania mechanizmów przetwarzania danych i sygnałów o charakterze zdarzeniowym w systemach BACS. Na jej podstawie wprowadziłem istotne modyfikacje modelu elastycznego zarządzania popytem, z uwzględnieniem nowych zmiennych i sygnałów oddziałujących na ten model, a w rezultacie zwiększających precyzję predykcji poziomu popytu na energię. Nowością zaproponowanego przeze mnie podejścia jest fakt, że są one w szczególności związane z obsługą w zintegrowanym systemie BMS odnawialnych źródeł energii OZE (gotowość, dostępność energii z OZE zainstalowanych w budynkach lub ich otoczeniu) oraz zasobników energii (stan, status zasobnika i/lub stacji ładowania pojazdów elektrycznych). Tego typu podejście było unikalne w tym okresie. Jak się okazało stało się również podwaliną do wprowadzenia w roku 2018 istotnych modyfikacji europejskiej Dyrektywy EPBD [56] (w pierwszej wersji z roku 2010), wprowadzającej mechanizmy oceny gotowości budynków na rozwiązania inteligentne - wskaźnik gotowości budynków do obsługi inteligentnych sieci SRI (ang. Smart Readiness Indicator), uwzględniające również włączenie do infrastruktury budynków zasobników energii oraz źródeł odnawialnych OZE. Dla tak sformułowanych założeń funkcjonalnych modyfikacji modelu, zaprojektowałem nowe elementy logicznego interfejsu funkcji monitoringu i sterowania, w postaci grupy trzech nowych bloków funkcjonalnych. Ich integracja w ramach systemów BACS pozwala na efektywną implementację modelu elastycznego, aktywnego zarządzania popytem na energię elektryczną, ogrzewania i chłodu w mikrosieciach energetycznych. W publikacji tej wskazałem również potencjalne oszczędności w zużyciu energii na ogrzewanie i chłodzenie budynków na poziomie od 20% do 40%. Przeprowadziłem dyskusję i analizę możliwego poziomu poprawy ogólnej efektywności energetycznej budynków i infrastruktury mikrosieci energetycznych, na skutek wprowadzenia i integracji funkcji BACS oraz aktywnego zarządzania popytem na energię. Jednocześnie wyniki odniosłem do wskaźników klas efektywności systemów BACS.

Wyniki przedstawione w publikacji [ON9] mają unikalny charakter i znaczenie, wskazują bowiem jednoznacznie na zasadność stosowania sieciowych systemów BACS i ich funkcji jako narzędzia w realizacji mechanizmów aktywnego zarządzania energią elektryczną (i nie tylko) oraz poprawie ogólnej efektywności energetycznej budynków i powiązanych z nimi mikrosieci prosumenckich. Prace badawczo-rozwojowe w tym obszarze są przeze mnie kontynuowane w realizowanym obecnie projekcie międzynarodowym w ramach Europejskiej Sieci Badawczej ERAnet Smart Grids Plus pt. „*Generacja rozproszona i elastyczne struktury popytu na energię w przemyśle*” (ang. *Renewable Energy and Load Flexibility in Industry* - akronim: *RELflex*). W projekcie tym prowadzę aktualnie prace badawcze dotyczące implementacji funkcji automatyki budynków w odpowiedzi na wytyczne dla wskaźnika SRI i przygotowuję publikację dotyczącą koncepcji organizacyjnych systemów BACS jako elementu podniesienia wartości tego wskaźnika dla budynków, wraz z poprawą ich efektywności energetycznej.

4.3.4. Wpływ systemów i funkcji automatyki na efektywność energetyczną budynków

Szczegółowe analizy wpływu funkcji automatyki i zintegrowanych systemów sieciowych BACS na poprawę efektywności energetycznej budynków, stały się jednym z wątków prowadzonych przeze mnie prac badawczych w ramach wspomnianego już wcześniej projektu NCN „*Metodyka i narzędzia do oceny poprawy efektywności energetycznej budynków użyteczności publicznej w wyniku zastosowania urządzeń i systemów automatyki budynków zgodnych z normą PN-EN ISO/IEC 14908*”. Mają one istotne znaczenie dla wykorzystania systemów BACS w realizacji mechanizmów aktywnego zarządzania energią elektryczną

w budynkach, ich otoczeniu oraz w lokalnych mikrosieciach energetycznych. Wskazuje na to również kontekst badań i analiz tzw. studiów przypadków podejmowanych przez inne zespoły badawcze na świecie [30], [31], [35], [36] oraz przeze mnie, między innymi w pracy [ON6]. Słuszność tego trendu badawczego podkreślają również działania w zakresie ustalenia wytycznych aplikacyjnych i weryfikacyjnych dla wspomnianego wskaźnika SRI, prowadzone przez kilka ośrodków badawczych i technicznych [57], [58].

Dlatego w przedkładanym do oceny dorobku publikacyjnym ująłem też dwie publikacje poruszające ten aspekt. **W pracy [ON8] zaproponowałem i opracowałem dwie struktury organizacyjne funkcji automatyki budynkowej dla konkretnego pomieszczenia edukacyjnego laboratorium akademickiego, wyposażonego w urządzenia obiektowe i sterowniki rozproszonej sieci BACS.** Zaprojektowałem je z uwzględnieniem obowiązujących klas efektywności energetycznej BACS, wykorzystując moduły i sterowniki BACS w tym laboratorium. W projekcie funkcje automatyki, ich organizację i wzajemne powiązania przedstawiono w konwencji wprowadzonej przez normę VDI 3813 [59], [60], zapewniając tym samym zgodność z dyrektywą EPBD Unii Europejskiej [56]. Dla opracowanych struktur technicznych i funkcjonalnych, przeprowadziłem analizę i weryfikację doświadczalną możliwych do osiągnięcia oszczędności w zużyciu energii i poprawy efektywności energetycznej pomieszczeń o charakterze dydaktycznym. Przeprowadziłem pomiary i analizy zużycia energii elektrycznej na oświetlenie, na pracę agregatu HVAC (klimatyzacji-wentylacji) oraz wydzielonego obwodu zasilania grzałki w agregacie HVAC, czyli najbardziej energochłonnych elementów infrastruktury budynkowej. W sieci BACS podłączony był także miernik zużycia energii cieplnej przez grzejniki zlokalizowane w pomieszczeniu edukacyjnym i sterowane z poziomu systemu automatyki BACS i BMS. W publikacji [ON8] zebrałem wyniki długookresowych pomiarów zużycia energii dla dwu opracowanych przeze mnie strategii sterowania oraz przeprowadziłem ich wielokryterialną analizę, z uwzględnieniem charakteru użytkowania pomieszczenia oraz okresu roku w jakim prowadzono pomiary. Wnioski analiz mają charakter krytyczny, polemiczny. Wykazałem w nich bowiem istotny wpływ systemów automatyki i ich funkcji na efektywność energetyczną budynków, jednak nie zawsze tak znaczący jak wynikałoby to z wytycznych obowiązującej w tym zakresie normy PN-EN 15232 i prowadzonych przez nią klas efektywności energetycznej BACS. Wskazałem zatem wyraźnie, że wytyczne te w zakresie potencjalnych oszczędności energii elektrycznej i cieplnej nie mogą być traktowane arbitralnie, jako słuszne dla każdej aplikacji funkcji BACS, realizowanej zgodnie z tymi wytycznymi. Podkreśliłem też jednoznacznie, że powinny być one każdorazowo weryfikowane dla indywidualnych, konkretnych zastosowań. W ten sposób publikacja [ON8] stanowi istotny głos w dyskusji kwestii praktycznych i badawczych związanych z wykorzystaniem systemów BACS w mechanizmach poprawy efektywności energetycznej budynków i analizach różnych tzw. studiów przypadków (ang. case study).

W kolejnej publikacji [ON11], przeprowadziłem dokładną analizę potencjału energooszczędności zaawansowanego funkcjonalnie systemu BACS w sterowaniu oświetleniem, na przykładzie instalacji oświetleniowych w kilku pomieszczeniach budynku kampusu Politechniki Poznańskiej, wyposażonego w system automatyki budynkowej standardu KNX. O znaczeniu tego typu badań i analiz na konkretnych instalacjach (case study), w szczególności w odniesieniu do oświetlenia, świadczy fakt, iż publikacja ta ma obecnie najwięcej cytowań w bazie WoS (22 cytowania) oraz Scopus (23 cytowania) z całego prezentowanego przeze mnie cyklu, a jednocześnie jest publikacją najmłodszą. Dla istniejącej w obiekcie infrastruktury BACS opracowałem możliwe do realizacji strategie sterowania oświetleniem, również z uwzględnieniem wytycznych klas efektywności funkcji BACS. Przeprowadziłem kompleksową analizę potencjalnych poziomów

oszczędności energii dla tych strategii. Bardzo istotnym elementem publikacji [ON11] jest szczegółowy opis parametrów i procedur aktywnego sterowania oświetleniem z funkcjami i modułami BACS, realizowanych w pomieszczeniach o różnym charakterze użytkowym, w zależności od dostępu i intensywności światła dziennego.

Ponadto, na podstawie długookresowych pomiarów zależności funkcji sterowania od kilku fizycznych parametrów: intensywność światła dziennego, pora dnia i roku, obecność osób w pomieszczeniach, które są rejestrowane w systemie BACS i BMS, zaproponowałem autorską metodę szacowania/estymacji potencjalnych oszczędności energii na oświetlenie. Przedstawiłem wyniki takiej estymacji, wraz z ich odniesieniem do potencjalnych poziomów oszczędności, określonych na bazie wskaźników efektywności dla analizowanych wcześniej klas efektywności BACS. Przeprowadzona przez mnie analiza porównawcza wykazała w tym konkretnym przypadku na znaczącą zgodność tych poziomów, co potwierdziło wnioski z poprzedniej publikacji [ON8], wskazujące na konieczność prowadzenia takich analiz każdorazowo, dla konkretnych, rzeczywistych instalacji i obiektów. Wykazałem też istotny potencjał w zakresie oszczędności energii w pomieszczeniach o charakterze edukacyjno-dydaktycznym i biurowym, na poziomie od 24% do nawet 30%, przy wdrożeniu zaawansowanych mechanizmów i funkcji sterowania. Tym samym wyniki i wnioski publikacji [ON11] są również istotnym elementem wspomnianej już wcześniej dyskusji naukowej, dotyczącej organizacji różnych scenariuszy i strategii sterowania urządzeniami infrastruktury budynków i ich otoczenia, w kontekście realizacji mechanizmów aktywnego zarządzania energią elektryczną w budynkach, na bazie systemów i funkcji BACS, również w odniesieniu do weryfikacji wytycznych dla wskaźnika SRI. Problematyka ta podejmowana jest przeze mnie w dalszym ciągu w ramach międzynarodowego projektu badawczego RELflex, gdzie prowadzę badania różnych scenariuszy i strategii sterowania urządzeniami, zasobnikami i źródłami energii w mikrosieciach elektroenergetycznych, wraz z zarządzaniem infrastrukturą budynków.

4.3.5. Najważniejsze osiągnięcia badawcze

Celem prac naukowo-badawczych podsumowanych w cyklu powiązanych tematycznie publikacji naukowych, było opracowanie i weryfikacja aplikacyjna elementów i mechanizmów aktywnego zarządzania energią elektryczną w budynkach i ich otoczeniu oraz w lokalnych mikrosieciach energetycznych, z wykorzystaniem funkcji i infrastruktury sieciowych, rozproszonych systemów BACS.

W realizacji tego celu przeprowadziłem szereg zadań badawczych, których wyniki opisałem w kolejnych publikacjach cyklu [ON1] - [ON11]. Za najważniejsze osiągnięcia badawcze przedstawione w tym cyklu uznaję:

- opracowanie metodyki i nowego podejścia do organizacji, projektowania oraz integracji mechanizmów zdarzeniowych w systemach monitoringu i zarządzania energią elektryczną, zwiększających ich funkcjonalność i precyzję, wraz z efektywnym wykorzystaniem infrastruktury i funkcji sterowania oraz technicznego zarządzania budynkami w otwartych, rozproszonych sieciach BACS i BMS [ON1, ON2, ON6],
- zaprojektowanie, zbudowanie i przetestowanie w warunkach eksperymentu praktycznego, nowej architektury i interfejsu logicznego (funkcjonalnego) modułu pomiaru zużycia energii elektrycznej, dedykowanego do integracji w ramach rozproszonych sieci BACS oraz IoT, z oryginalnymi, szybkimi algorytmami precyzyjnego obliczania poziomu popytu na energię dla mechanizmów ADR i DSM w instalacjach odbiorców i prosumentów [ON3, ON4],

- opracowanie i weryfikację poprawności działania nowej, otwartej architektury programowo-sprzętowej modułu licznika energii elektrycznej Energy Flexometer, z wdrożonymi funkcjami dynamicznego zarządzania energią i aktywnej odpowiedzi strony popytowej ADR, z nowymi elementami interfejsu logicznego dla rozproszonych sieci BACS i IoT oraz zintegrowaną procedurą obliczania wartości poziomu popytu na energię elektryczną w instalacjach zasilania budynków [ON5, ON7],
- opracowanie struktur organizacyjnych funkcji automatyki budynkowej wspierających poprawę efektywności energetycznej w budynkach użyteczności publicznej, z uwzględnieniem nowych mechanizmów i elementów sterowania zdarzeniowego, zwiększających poziom oszczędności energii [ON8],
- opracowanie własnej, nowej koncepcji organizacji i funkcjonalnej realizacji mechanizmu aktywnego zarządzania popytem na energię w strukturach lokalnych mikrosieci energetycznych w oparciu o infrastrukturę rozproszonych sieci BACS oraz rozszerzenie możliwości aplikacyjnych licznika energii elektrycznej Energy Flexometer, poprzez uwzględnienie nowego paradygmatu transaktywnego zarządzania energią, zwiększających poziom jego interaktywności z nowymi usługami operatorów inteligentnych sieci elektroenergetycznych smart grid [ON9, ON10],
- opracowanie nowej, oryginalnej metody estymacji poziomu potencjalnych oszczędności energii elektrycznej na oświetlenie w pomieszczeniach budynkowych, uwzględniającej wpływ czynników zewnętrznych oraz możliwości integracji funkcji sterowania i technicznego zarządzania budynkami BACS. Metoda ułatwia szacowanie potencjału poprawy efektywności energetycznej budynków w trakcie ich projektowania, ale też eksploatacji czy modernizacji systemów sterowania i zarządzania [ON11].

Z wyników badań zaprezentowanych w przedstawionym osiągnięciu naukowym wynika, że sieciowe, rozproszone systemy BACS, z otwartymi protokołami komunikacji i obsługą zdarzeniową funkcji sterowania, mogą i powinny być wykorzystywane w realizacji mechanizmów aktywnego zarządzania energią elektryczną w budynkach, ich bezpośrednim otoczeniu oraz w obsłudze i poprawie efektywności energetycznej lokalnych mikrosieci energetycznych. Opracowane przez mnie nowe koncepcje organizacyjne i funkcjonalne dla systemów BACS, wraz z przeprowadzonymi pracami rozwojowymi i aplikacyjnymi, wskazują na ich znaczący potencjał w zakresie wsparcia rozwoju inteligentnych systemów sterowania i zarządzania infrastrukturą budynków. Wskazują również na możliwości włączenia jej w realizację mechanizmów monitoringu i zarządzania energią elektryczną, w perspektywie rozwoju lokalnych mikrosieci energetycznych i systemowych inteligentnych sieci elektroenergetycznych Smart Grid. Opracowane przeze mnie koncepcje rozwojowe modułów, węzłów dla rozproszonych sieci automatyki budynkowej BACS, wraz z elementami interfejsów logiki i funkcji zarządzania energią elektryczną w budynkach, wpisują się też w najnowszy trend rozwoju systemów BACS jako technologii prowadzącej do zwiększenia poziomu wskaźnika gotowości budynków do obsługi inteligentnych sieci SRI. W tym właśnie obszarze poprowadzę aktualnie dalsze prace badawcze i przygotowuję kolejne publikacje.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

W okresie rozwoju mojej kariery zawodowej podejmowałem aktywność naukową i dydaktyczną z kilkoma uczelniami krajowymi i zagranicznymi. Przejawiała się ona

współpracą z pracownikami tych uczelni zarówno w obszarze naukowo-badawczym (wspólne badania), jak i dydaktycznym (organizacja zajęć dla studiów dziennych i kursów podyplomowych).

2005-2010 - Politechnika Łódzka i Centrum Komputerowym Politechniki Łódzkiej (LODMAN) - współpraca naukowa i dydaktyczna. W ramach współpracy naukowej konsultowałem organizację struktury laboratoriów i stanowisk dydaktyczno-badawczych oraz tematykę badań prowadzonych w LODMAN, ukierunkowanych na poprawę komfortu i efektywności energetycznej w budynkach. Wiedzę tę oraz kontakt z pracownikami laboratorium wykorzystałem w kolejnych latach w organizacji Laboratorium automatyki budynkowej AutBudNet AGH, w ramach projektu Sieć certyfikowanych laboratoriów oceny efektywności energetycznej i automatyki budynków, w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka (POIG). Zbudowane przeze mnie na AGH stanowiska laboratoryjne stały się podstawą techniczną dla mojej dalszej działalności badawczo-rozwojowej w obszarze poprawy komfortu użytkowników budynków i zarządzania energią z wykorzystaniem sieciowych, rozproszonych systemów BACS. Współpracując z pracownikami LODMAN oraz przedstawicielami firmy Merten (później Schneider) i ZDANIA w Krakowie, brałem udział we wspólnych badaniach skoncentrowanych na doborze i organizacji funkcji sterowania elementami infrastruktury budynkowej (przede wszystkim oświetlenie, ogrzewanie, systemy wentylacji i klimatyzacji HVAC). Zaproponowałem wzbogacenie ich o elementy interaktywne, czyli wykrywanie obecności osób, zmiany parametrów komfortu w pomieszczeniach (temperatura, stężenie CO₂ itp.), umożliwiające organizację zróżnicowanych scenariuszy sterowania z oszczędnością energii.

2008-2011 - Politechnika Poznańska, Politechnika Gdańska - współpraca naukowa, badawcza i organizacyjna w ramach wspomnianego już projektu *Sieć certyfikowanych laboratoriów oceny efektywności energetycznej i automatyki budynków*, w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka (POIG). Projekt dotyczył budowy trzech laboratoriów badawczych systemów automatyki budynkowej i był realizowany we współpracy z innymi podmiotami zrzeszonymi w ramach Ogólnopolskiego Konsorcjum Naukowo-Przemysłowego Energooszczędnych Technologii Budynkowych Instalacji Elektrycznych - Politechniką Poznańską, Politechniką Gdańską, firmą Merten-Schneider oraz firmą ZDANIA. Uczestniczyłem aktywnie w przygotowaniu organizacyjnym i merytorycznym tego projektu, opracowując koncepcje projektowe i techniczne dla wszystkich trzech lokalizacji laboratoriów na AGH i w uczelniach partnerskich oraz pełniłem funkcje nadzorcze w trakcie jego realizacji na terenie kampusu AGH, wspierając w tych działaniach kierownika projektu prof. Mariana Nogę z AGH. Brałem udział w pacach zespołu ds. organizacji technicznej laboratoriów. Przeprowadziłem planowanie i nadzorowałem prowadzenie prac badawczych różnych technologii automatyki budynkowej w dedykowanych laboratoriach AGH oraz prowadziłem wsparcie merytoryczno-techniczne dla pracowników z Politechniki Poznańskiej oraz Gdańskiej. Uczestniczyłem aktywnie w akcjach informacyjnych i działaniach marketingowych, ukierunkowanych na rozpowszechnienie informacji o działalności sieci laboratoriów automatyki budynkowej oraz możliwości ich współpracy z przemysłem. Działania te przyniosły efekt w postaci nawiązania współpracy sieci laboratoriów z kilkoma firmami z branży automatyki budynkowej (Schneider, Eaton, Legrand, Loytec, Tema-Gira), co pozwoliło na rozszerzenie bazy laboratoryjnej o stanowiska badawcze i dydaktyczne innych systemów automatyki oferowanych na rynku komercyjnym. Prace organizacyjne, badawcze i ich wyniki opisywałem w publikacjach [23], [61]. Powstałe w wyniku projektu Laboratorium AutBudNet AGH jest bazą dla realizacji prowadzonych przeze

mnie prac badawczo-rozwojowych, zarówno w formie prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich, jak i badań w ramach zadań realizowanych w kolejnych projektach badawczo-rozwojowych zespołu naukowego laboratorium. W oparciu o jego infrastrukturę zrealizowano też prace eksperymentalne i badania w ramach przewodu doktorskiego dr inż. Jakuba Greli, w którym pełniłem rolę promotora pomocniczego.

2010-2013 - Politechnika Śląska, Park Naukowo-Technologiczny Euro-Centrum w Katowicach - współpraca naukowa i badawcza w ramach zadania: *Zoptymalizowanie zużycia energii elektrycznej w budynkach* w strategicznym projekcie badawczym NCBR pt.: „*Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków*”. W projekcie brałem udział w przygotowaniu koncepcji i opracowaniu projektu technicznego systemu zdalnego monitoringu zużycia energii w instalacjach pilotażowych w budynku Wydziału EAIiB (pawilon B-1) na kampusie AGH oraz w budynkach nr 6 i 7 (budynek energooszczędny) na kampusie PNT Euro-Centrum w Katowicach. Opracowana wraz z pracownikami Politechniki Śląskiej i wdrożona przy moim istotnym współudziale instalacja, korzysta z transmisji danych w sieci poziomego obiektowego standardu automatyki budynkowej LonWorks, zaimplementowanej we wszystkich wspomnianych budynkach. System zdalnego monitoringu, poprzez łącza teleinformatyczne, zapewnia do dnia dzisiejszego możliwość odczytu i gromadzenia danych na serwerach w strukturze Laboratorium AutBudNet AGH, ich analizę i opracowywanie wytycznych w zakresie sterowania kluczowymi elementami infrastruktury monitorowanych budynków. Wyniki kilku takich analiz, wraz z rozwiązaniami technicznymi i systemowymi zbudowanej instalacji monitorującej, były prezentowane przeze mnie na konferencjach naukowych oraz w publikacjach naukowych i technicznych m.in.: [ON1], [22]–[24]. Na bazie wyników opracowanych wspólnie z zespołem naukowców z dziedziny energetyki Politechniki Śląskiej, w projekcie sformułowano również kilka tez dotyczących możliwości wykorzystania różnych funkcji rozproszonych systemów automatyki poziomego obiektowego, w organizacji zaawansowanych systemów zarządzania energią w obrębie infrastruktury budynkowej oraz najbliższego otoczenia budynków. Tezy te były wynikiem prac badawczych i wymiany doświadczeń z badań przeprowadzonych przeze mnie w ramach projektu z pracownikami Politechniki Śląskiej, w szczególności w zakresie obsługi odnawialnych źródeł energii, jako elementu instalacji prosumenckich, dostępnych na obiektach PNT Euro-Centrum.

2015 - Stanford University oraz Stanford Center for Professional Development, USA - współpraca naukowa w ramach 2 miesięcznego stażu naukowego. Brałem udział w 5 tygodniowym interaktywnym szkoleniu dotyczącym zasad organizacji współpracy nauki i przemysłu w realizacji wspólnych przedsięwzięć i ich komercjalizacji, w konwencji wsparcia rozwoju małych firm typu start-up, charakterystycznej dla ekosystemu Doliny Krzemowej. Uczestniczyłem w wizytach studyjnych i warsztatach badawczych w kilku firmach z Doliny Krzemowej m.in. Qualcomm, Google, Microsoft, GoDaddy, CISCO, gdzie poznałem najlepsze praktyki oraz rozwiązania stosowane przez te firmy we współpracy z uczelniami i ich zespołami badawczymi.

W ramach całego okresu stażowego pracowałem bezpośrednio z mentorem - pracownikiem naukowym Uniwersytetu Stanforda i jego zespołem badawczym, w zakresie opracowania strategii badań laboratoriów technologicznych i rozwoju kontaktów komercyjnych mojego Laboratorium AutBudNet AGH w realiach polskich (opracowanie studium przypadku, analiza możliwych strategii i rozwiązań). Elementem stażu w ramach wspomnianej opieki mentora, był okres mojej samodzielnej,

bezpośredniej współpracy z jednym z doktorantów Uniwersytetu Stanforda w jego zespole naukowym. Wspólnie prowadziliśmy analizy techniczne możliwości wykorzystania technologii systemów automatyki w zarządzaniu energią elektryczną w lokalnych sieciach jej dystrybucji, na przykładzie wybranego regionu w Dolinie Krzemowej. System elektroenergetyczny i jego organizacja były przedmiotem pracy doktorskiej tego doktoranta. W ramach analiz badawczo-technicznych opracowałem koncepcję możliwości wdrożenia instalacji monitorowania zużycia energii i sterowania elementami infrastruktury sieci energetycznej, w szczególności mikrosieci, bazującej na rozproszonych modułach monitorujących i sterujących, zintegrowanych w systemie poziomu obiektowego. Zaproponowałem wykorzystanie klas efektywności energetycznej wg normy PN-EN 15232 - która dla doktoranta była nowością, wraz z przeprowadzeniem analiz potencjalnych korzyściami i poprawy efektywności energetycznej infrastruktury mikrosieci zasilania budynków wyposażonych w elementy systemów zarządzania budynkami BMS. Moja koncepcja została włączona do badań realizowanych w ramach wspomnianej pracy doktorskiej doktoranta Uniwersytetu Stanforda. Innym rezultatem tego stażu dla mojej osobistej kariery naukowej było zdobycie nowej wiedzy w zakresie potencjału komercjalizacyjnego badań prowadzonych na uczelni i możliwości jego wykorzystania. Doświadczenia te bezpośrednio przełożyły się na podjęcie nowych kontaktów z firmami działającymi w branży automatyki budynkowej w Polsce (Grenton, Wago, ABB), udział w zespołach eksperckich NCBR i Komisji Europejskiej (od roku 2017) w ocenie projektów realizowanych na styku nauka-przemysł i wreszcie w roku 2019 wejście aktywne do pracy badawczej w ramach projektów Era-Net Smart Grids (H2020) oraz POIR 1.1.1 Szybka Ścieżka, realizowanych w ścisłej kooperacji uczelni i podmiotów przemysłowych. Wypracowane bowiem w czasie stażu założenia techniczne i organizacyjne dla lokalnych systemów zarządzania energią w ramach mikrosieci zasilania, zostały przeze mnie wykorzystane przy formułowaniu celów i tez badawczych dla tychże projektów badawczo-rozwojowych.

2015-2018 - TU Eindhoven University of Technology - współpraca naukowa i badawcza. W tych latach byłem konsultantem naukowym prac i badań doktoranta mojego macierzystego wydziału, a pochodzącego z Uniwersytetu Technicznego TU Eindhoven w Holandii. Rozprawa doktorska i związane z nią prace badawczo-rozwojowe realizowane były na obu uczelniach - AGH i TU Eindhoven, przy ścisłej współpracy zespołów badawczych tych uczelni. Po stronie AGH promotorem doktoratu był prof. Zbigniew Hanzelka. Wraz z doktorantem z TU Eindhoven prowadziłem prace dotyczące weryfikacji możliwości wykorzystania sieciowych systemów rozproszonych poziomu obiektowego (np. czujniki obecności, temperatury, intensywności światła itp.) w warstwie technicznej realizacji systemu zarządzania energią, implementującego wspomniany algorytm. W ramach współpracy również z innymi członkami zespołu naukowo-badawczego TU Eindhoven i AGH, uczestniczyłem aktywnie w realizacji prac koncepcyjnych, projektowych i wdrożeniowych mechanizmów modelu i algorytmu elastycznego zarządzania popytem na energię, opracowanego w zespole TU Eindhoven. Wspomniane aktywności, zwłaszcza projektowe i wdrożeniowe (pilotaż), były prowadzone także w ramach prac magisterskich studentów krakowskiej AGH (których byłem promotorem), przy bezpośredniej współpracy z doktorantem z TU Eindhoven i pod moim nadzorem. W ramach prac badawczo-rozwojowych prowadzonych przeze mnie w zespole naukowców Laboratorium AutBudNet AGH, opracowałem elementy interfejsu logicznego, funkcjonalnego, dla modułów monitoringu i zarządzania energią dedykowanych do integracji w ramach sieci rozproszonych standardu LonWorks oraz rozproszonych sieci tzw. Internetu Rzeczy - IoT (ang. Internet of Things). Opracowania

techniczne i wyniki przeprowadzonych eksperymentów stanowią przedmiot kilku publikacji prezentowanych na międzynarodowych konferencjach naukowo-technicznych oraz w międzynarodowych czasopismach naukowych [ON5, ON7, ON9, ON10] oraz [39], [40]. Opracowane koncepcje rozwojowe dla zaawansowanych funkcjonalnie liczników energii, modułów monitoringu zasilania budynków w różne media energetyczne, stały się fundamentem prowadzonych przeze mnie prac badawczych w kolejnych okresach mojej kariery zawodowej.

2016-2018 - Institute Industrial IT/OWL University, Lemgo, Niemcy; École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Szwajcaria; Polytechnic Institute of Porto, Porto, Portugalia - współpraca naukowa. Niemal półtoraroczny okres współpracy z kilkoma naukowcami i doktorantami, nad rozwojem koncepcji nowych rozwiązań technicznych opartych o technologie Internetu Rzeczy w aktywnym sterowaniu urządzeń infrastruktury budynkowej, z ukierunkowaniem na poprawę efektywności energetycznej budynków. W pracach tych uczestniczyłem jako ekspert z zakresu technologii rozproszonych, sieciowych systemów automatyki, w szczególności zaś rozwoju obiektowych modułów/węzłów sieci, z możliwością integracji interfejsu sieci teleinformatycznych z protokołem IP w sieciach obiektowych i systemach BACS. W efekcie współpracy i wspólnie przyjętych założeń koncepcyjnych i projektowych, przygotowaliśmy kilka publikacji [ON8], [62]–[64], które zostały zgłoszone m.in. do zainicjowanej przeze mnie Sesji Specjalnej „Emerging Technologies and Solutions for Smart Buildings”, na konferencji 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies ETFA 2017. W roku 2018 kontynuowałem współpracę z pracownikiem naukowym Institute Industrial IT/OWL University, dotyczącą algorytmów i technik sterownia dla urządzeń AGD użytkowanych w domach, z możliwością ich integracji platformach sieciowych Internetu Rzeczy. Badania wybranych technologii przeprowadziłem dla aplikacji tzw. inteligentnego czajnika, z modułem sterującym i interfejsem logicznym do sieci otwartych LonWorks z możliwością wykorzystania kanałów komunikacji protokołu IP. Koncepcja urządzenia, wraz z wynikami badań i pomiarów przeprowadzonych na prototypie czajnika, opublikowana m.in. w [65].

2018-obecnie - Fraunhofer Institute for Factory Operation and Automation IFF, Magdeburg University of Applied Sciences, Magdeburg, Niemcy - współpraca naukowa i badawcza w realizacji projektu międzynarodowego RELflex (tytuł: Generacja rozproszona i elastyczne struktury popytu na energię w przemyśle), w ramach inicjatywy Horyzont 2020 ERAnet Smart Grid. Projekt dotyczy organizacji systemów zarządzania energią w lokalnych mikrosieciach energetycznych oraz tzw. wirtualnych elektrowni, bazujących na rozproszonych źródłach i zasobnikach energii elektrycznej. Celem projektu jest opracowanie, testy i weryfikacja w instalacjach pilotażowych nowych rozwiązań i aplikacji zwiększających elastyczność energetyczną i organizacyjną procesów realizowanych w małych i średnich przedsiębiorstwach (MSE), poprzez mechanizmy dynamicznego zarządzania sterowanymi odbiornikami, generację energii z lokalnych źródeł odnawialnych OZE oraz wspomnianych już zasobników energii. W projekcie RELflex biorę udział w opracowywaniu metody, algorytmów, modeli biznesowych i rozwiązań technicznych wspierających elastyczność systemów dynamicznego zarządzania energią (ang. DEMS - Dynamic Energy Management Systems). W opracowaniu koncepcji dla różnych obiektów przemysłowych i budynkowych, biorę współpracując z partnerami zespołu badawczego Instytutu Fraunhofera. Tu szczególne znaczenie ma bowiem międzynarodowy charakter tego projektu, ze względu na zróżnicowane uwarunkowania prawne, infrastrukturalne i techniczne w Polsce i Niemczech (np. organizacja rynku energii, zasady funkcjonowania rynku dystrybucji

i dostaw energii do odbiorców, dostępność i powszechność OZE, dostępność jednostek generacji rezerwowej itp.), co pozwala na wypracowanie w projekcie nowych form organizacji elastycznych mechanizmów zarządzania energią na poziomie lokalnych mikrosieci i mechanizmów ich współpracy z operatorami systemu dystrybucji OSD.

W roku 2018 jako kierujący pracami nad przygotowaniem wniosku projektowego po stronie polskich partnerów projektu, gdzie AGH pełni rolę lidera strony polskiej, brałem aktywny udział w przygotowaniu strony merytorycznej projektu, celów i założeń badawczych oraz ich skorelowaniu z podobnymi założeniami organizacyjnymi i merytorycznymi proponowanymi przez partnerów z Niemiec. Ostatecznie pełniłem rolę kierownika tego projektu po stronie polskiej, organizując prace członków zespołu badawczo-naukowego AGH i obszary oraz zasady współpracy z krajowymi partnerami - firmy z kategorii MSE. Zadania kierownicze realizowałem w praktyce od roku 2018, kiedy to wniosek projektowy został przyjęty pozytywnie na poziomie unijnym inicjatywy ERA-Net Smart Grids Plus i prowadziłem po stronie polskiej procedury wnioskowania i umowy projektowej z instytucją pośredniczącą NCBR. Od stycznia 2019 roku, po rozpoczęciu projektu, kierowałem bezpośrednio zadaniami realizowanymi w ramach pierwszego etapu, związanymi z opracowaniem koncepcji realizacji systemu obsługi wirtualnej elektrowni w oparciu o infrastrukturę generacyjną kilku rozproszonych terytorialnie (Kraków, Podhale) obiektów, wraz z analizą możliwości implementacji systemów zdalnego sterowania elementami takiej elektrowni i ich integracji na poziomie obiektowym z systemami BACS oraz zarządzania budynkami BMS. Przeprowadziłem również rekonesans obiektów i podmiotów uczestniczących w projekcie po stronie niemieckiej. Z partnerami z Instytutu Fraunhofer Magdeburg zorganizowałem spotkania konsultacyjne w zakresie praktycznej realizacji zadań projektowych oraz wzajemnej korelacji w opracowaniu koncepcji systemów zarządzania energią w lokalnych mikrosieciach pilotażowych w Polsce i Niemczech. Po pomyślnym zakończeniu pierwszego etapu projektu, przekazałem obowiązki kierownicze innej osobie z zespołu projektowego po stronie polskiej, sam zaś realizuję nadal prace badawczo-rozwojowe w projekcie w kolejnych jego etapach. Dotyczą one przygotowania i realizacji mechanizmów automatycznego monitorowania i sterowania elementami tworzonych struktur elastycznego zarządzania energią, w ramach powstającej koncepcji implementacyjnej wspomnianej już wirtualnej elektrowni. W szczególności, w pilotażowych instalacjach testowych wdrożone zostaną elementy zaprojektowanych przeze mnie elementów logicznego interfejsu funkcji zarządzania popytem i sterowania odbiornikami oraz źródłami energii, w postaci bloków funkcjonalnych dla węzłów sieci sterowania standardu LonWorks i KNX. Ich koncepcję aplikacyjną prezentowałem w publikacjach [ON9, ON10]. W ten sposób przeprowadzona będzie praktyczna weryfikacja możliwości stosowania systemów rozproszonych poziomu obiektowego w nowym obszarze aplikacyjnym realizacji platform zdalnego zarządzania infrastrukturą lokalnych mikrosieci energetycznych oraz większych struktur generacji i magazynowania energii w ramach wirtualnych elektrowni. Aktualnie przygotowuję publikację naukową, prezentującą wyniki prac badawczych w projekcie, a planowany termin zakończenia prac projektowych to 30.06.2021.



6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

W całym okresie zatrudnienia na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie podejmowałem szereg działań z zakresie prowadzenia i organizacji dydaktyki, organizacji konferencji i sesji specjalnych o tematyce aplikacyjnej systemów automatyki budynkowej i innych, popularyzujących naukę.

6.1.Osiągnięcia dydaktyczne

W latach 2002-2021 prowadziłem i prowadzę zajęcia dydaktyczne w formie ćwiczeń laboratoryjnych i ćwiczeń audytoryjnych oraz wykładów z różnych przedmiotów, na kilku wydziałach Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie:

Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej AGH		
Lp.	Nazwa przedmiotu / osiągnięcie	Forma dydaktyczna
1	Technika mikroprocesorowa Opracowanie 4 nowych ćwiczeń i stanowisk	Laboratorium
2	Systemy mikrokomputerowe Opracowanie dwóch nowych ćwiczeń i stanowisk	Laboratorium
3	Teoria sterowania i technika regulacji Opracowanie nowego cyklu ćwiczeń audytoryjnych Opracowanie nowego ćwiczenia laboratoryjnego	Ćwiczenia / Laboratorium
4	Podstawy sterowania logicznego Opracowanie dwóch nowych ćwiczeń	Laboratorium
5	Technologia LonWorks jako baza rozproszonych systemów sterowania i zbierania danych Opracowanie kilku nowych tematów ćwiczeń audytoryjnych	Ćwiczenia
6	Systemy automatyzacji budynków Opracowanie całego cyklu ćwiczeń laboratoryjnych	Laboratorium
7	Systemy inteligentnych budynków Opracowanie kompleksowe całości zajęć laboratoryjnych	Laboratorium
8	Automatyka budynkowa - implementacja w systemach inteligentnych Opracowanie całego cyklu wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych	Wykład / Laboratorium

Międzywydziałowa Szkoła Energetyki AGH		
Lp.	Nazwa przedmiotu / osiągnięcie	Forma dydaktyczna
1	Podstawy techniki cyfrowej i mikroprocesorowej Opracowanie całego cyklu nowych ćwiczeń laboratoryjnych	Laboratorium
2	Monitoring i zarządzanie energią Opracowanie całego cyklu wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych	Wykład / Laboratorium

Wydział Energetyki i Paliw AGH		
Lp.	Nazwa przedmiotu / osiągnięcie	Forma dydaktyczna
1	<i>Podstawy techniki cyfrowej i mikroprocesorowej</i> Opracowanie całego cyklu nowych wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych	Wykład / Laboratorium
2	<i>Systemy Sterowania Inteligentnymi Budynkami</i> Opracowanie całego cyklu wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych; wprowadzenie elementów e-learningu	Wykład / Laboratorium

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH		
Lp.	Nazwa przedmiotu / osiągnięcie	Forma dydaktyczna
1	<i>Oszczędność światła w budynkach, oświetlenie pomieszczeń</i> Opracowanie cyklu nowych wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych - studia podyplomowe	Wykład / Laboratorium
2	<i>Systemy sterowania, optymalizacji, monitoringu i wizualizacji w budynkach</i> Opracowanie cyklu nowych wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych - studia podyplomowe	Wykład / Laboratorium

Wydział Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji AGH		
Lp.	Nazwa przedmiotu / osiągnięcie	Forma dydaktyczna
1	<i>Sieci inteligentnych czujników</i> Opracowanie cyklu nowych ćwiczeń laboratoryjnych	Laboratorium

Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH		
Lp.	Nazwa przedmiotu / osiągnięcie	Forma dydaktyczna
1	<i>Automatyka i sterowanie w OZE</i> Opracowanie cyklu nowych wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych	Wykład / Laboratorium

Realizowałem i realizuję także zajęcia dydaktyczne na innych uczelniach, w ramach studiów podyplomowych:

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Tarnowie		
Lp.	Nazwa przedmiotu / osiągnięcie	Forma dydaktyczna
1	<i>Systemy pomiarowe i informatyczne</i> Opracowanie nowego cyklu wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych - studia podyplomowe	Wykład / Laboratorium

Politechnika Łódzka w Łodzi, Instytut Elektroenergetyki		
Lp.	Nazwa przedmiotu / osiągnięcie	Forma dydaktyczna
1	<i>Systemy sterowania instalacjami budynkowymi typu LON</i> Opracowanie nowego cyklu wykładów - studia podyplomowe	Wykład

Politechnika Krakowska w Krakowie		
Lp.	Nazwa przedmiotu / osiągnięcie	Forma dydaktyczna
1	<i>Ocena instalacji oświetleniowej, oszczędność energii elektrycznej</i> Opracowanie nowego cyklu wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych - studia podyplomowe	Wykład / Laboratorium

Opracowanie programów i kart nowych przedmiotów:

- Automatyka budynkowa – implementacja w systemach inteligentnych;
Kompleksowe opracowanie programu nowego przedmiotu - tematyki wykładów oraz ćwiczeń laboratoryjnych, wraz z ich układem merytorycznym i zakładanymi efektami kształcenia.
W przedmiocie w kolejnych latach rośnie udział technik e-learningu oraz metod kształcenia mieszanego - z wykorzystaniem nowoczesnych urządzeń mobilnych i platform kształcenia on-line (blended learning).
- Podstawy techniki cyfrowej i mikroprocesorowej;
Kompleksowe opracowanie programu nowego przedmiotu – tematyki wykładów oraz ćwiczeń laboratoryjnych. Wyzwaniem jest dostosowanie materiału i treści przedmiotu do potrzeb studentów wydziału nonelektrowniczego - Wydział Energetyki i Paliw. Dlatego przygotowałem wykłady w formie dyskusji merytoryczno-technicznej, bazującej na wiedzy pozyskiwanej samodzielnie przez studentów z zaproponowanych im wcześniej materiałów dostępnych on-line.
Wprowadziłem na zajęciach metodę flipped classroom, gdzie ćwiczenia laboratoryjne są praktycznym uzupełnieniem treści i technik poznawanych w czasie wykładów i samodzielnie przez studentów.
- Automatyka i sterowanie w OZE;
Kompleksowe opracowanie całego nowego przedmiotu – tematyki wykładów oraz ćwiczeń laboratoryjnych. Przedmiot realizowany również dla studentów wydziału nonelektrowniczego - Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska i specjalności związanej z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii (OZE). Dlatego też w programie przedmiotu skupiono się głównie na aspektach wykorzystania elementów i funkcji systemów zarządzania budynkami BMS w monitorowaniu zużycia energii i zarządzaniu energią w budynkach, ich otoczeniu i lokalnych mikrosieciach energetycznych z udziałem infrastruktury budynkowej i OZE.
W programie laboratoriów wprowadzono też ćwiczenia z wykorzystaniem technik zdalnej komunikacji i obsługi urządzeń w systemach automatyki oraz BMS.
- Systemy Sterowania Inteligentnymi Budynkami;
Kompleksowe opracowanie całego nowego przedmiotu – tematyki wykładów oraz ćwiczeń laboratoryjnych. To kolejny przedmiot realizowany dla studentów Wydziału Energetyki i Paliw, gdzie również pojawia się specjalność związana z obsługą OZE.
Wykłady opracowane w formie dyskusji merytoryczno - technicznej, z elementami samodzielnej pracy studentów i skupieniu się na aspektach praktycznego wykorzystania wiedzy technicznej z zakresu wybranych funkcji monitoringu zużycia energii i sterowania infrastrukturą budynkową w celu poprawy jej efektywności energetycznej.

Większość opracowanych i prowadzonych przez mnie przedmiotów związanych z technologiami systemów automatyki budynkowej i ich aplikacjami w rozwiązaniach inteligentnych, była i jest bezpośrednio związana z prowadzonymi przeze mnie pracami badawczymi w tym obszarze, w szczególności zawartymi w przedstawionym do oceny dorobku publikacyjnym. Powiązanie to dotyczy również wielu prowadzonych projektów dyplomowych, przedstawionych w pracach inżynierskich i magisterskich.

6.2. Opieka naukowa nad studentami i doktorantami

Promotor prac dyplomowych:

- 44 dyplomantów prac magisterskich (34 prace)
- 39 dyplomantów prac inżynierskich (27 prac)

Promotor pomocniczy i konsultant naukowy doktorantów:

- Promotor pomocniczy w zakończonym przewodzie doktorskim mgr inż. Jakuba Greli (od roku 2013 – do maja 2017). Promotor główny: prof. dr hab. inż. Marian Noga. Temat rozprawy doktorskiej: Analiza wpływu systemów automatyzacji na efektywność energetyczną instalacji i obiektów budowlanych. Praca obroniona z wyróżnieniem – maj 2017.
- Konsultant naukowy prac doktoranta Muahammad Babar – TU Eindhoven (od roku 2015 do lutego roku 2018). Przewód doktorski realizowany w kooperacji dwóch uczelni – krakowskiej AGH oraz TU Eindhoven. Kopromotor na AGH: prof. dr hab. inż. Zbigniew Hanzelka; promotor główny: TU Eindhoven. Temat pracy: Agile Demand Response: A complementary approach to increase demand response volumes in an active distribution network. Tematyka związana z opracowaniem algorytmów i mechanizmów aktywnego zarządzania energią elektryczną na styku prosumentów i dostawców energii, z uwzględnieniem zmienności wybranych czynników w czasie – cena energii, obecność osób w budynkach.

W roku 2016 uzyskałem stosowny Certyfikat E-Learning, umiejętności wymaganych w Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie do prowadzenia zajęć zawierających elementy kształcenia online. Do tego momentu rozpocząłem sukcesywnie wprowadzanie elementów takiego kształcenia studentów w swojej działalności dydaktycznej. W organizacji przedmiotów korzystam aktywnie z Uczelnianej Platformie E-Learning UPEL-AGH (Moodle) - materiały dydaktyczne i informacje techniczne dla studentów.

W praktyce realizuję aktywne wykorzystanie różnych narzędzi on-line w czasie wykładów, sprzyjających aktywizacji studentów, wykorzystaniu w nauce urządzeń mobilnych oraz weryfikacji wiedzy - Quizizz, Slido, Kahoot, Mentimeter.

W roku akademickim 2019/2020 w semestrze letnim (pandemia COVID-19), przy zawieszeniu zajęć dydaktycznych w klasycznej formie spotkań na uczelni, rozwinąłem dodatkowo metody nauczania w oparciu o pracę zdalną - a więc w szczególności metody blended learning i flipped classroom. Doświadczenia wynikające z pracy w tych miesiącach semestru letniego 2019/2020 opublikowałem w artykule [66] dla czasopisma Education Sciences MDPI. Są one też przedmiotem opracowywanej pod redakcją prof. R. Tadeusiewicza publikacji książkowej dla Wydawnictwa PWN, dotyczącej organizacji nauczania w formie e-learningu na uczelniach wyższych, dla której przygotowałem dwa rozdziały.

6.3. Osiągnięcia organizacyjne w zakresie badań naukowych i konferencji

- Opiekun naukowy Laboratorium Automatyki Budynkowej AutBudNet AGH; organizacja prac badawczych i dydaktycznych w laboratorium, koordynacja prac technicznych i modernizacyjnych - od roku 2011 do obecnie

- Partner naukowy KNX Association; organizacja na AGH laboratorium badawczego technologii i systemów automatyki budynkowej otwartego standardu międzynarodowego KNX, realizacja pracy doktorskiej i kilku prac dyplomowych z zakresu badań technologii KNX - od roku 2003 do obecnie
- Koordynator techniczny i merytoryczny budowy Laboratorium Automatyki Budynkowej AutBudNet AGH w ramach sieci Certyfikowanych Laboratoriów Automatyki Budynkowej - AGH, Politechnika Poznańska, Politechnika Gdańska - w latach 2008-2011
- Koordynator remontu i modernizacji instalacji oświetleniowej parkingu na kampusie AGH, z wdrożeniem systemu aktywnego sterowania i monitoringu lam oraz jego integracji z siecią zarządzania budynkami BMS - do roku 2013 do 2015
- Kierownik międzynarodowego projektu badawczo-rozwojowego RELflex Renewable Energy and Load Flexibility in Industry, tytuł w j. polskim: Generacja rozproszona i elastyczne struktury popytu na energię w przemyśle. Koordynowałem przygotowanie wniosku projektowego, umowy konsorcjum oraz kierowałem projektem w Etapie 1 realizacji - od roku 2018 do lipca 2019
- Członek Komitetu Sterującego Programu Sektorowego IUSER – realizowanego przez NCBR. Powołanie na wniosek Dyrektora NCBR. Brałem udział w opracowaniu zakresu merytorycznego programu oraz wytyczyłem obszary badawcze dla projektów zgłaszanych do programu sektorowego - od września 2016 do stycznia 2019
- Organizator tematycznych sesji specjalnych (track chair) na kilku konferencjach międzynarodowych (załącznik 4 pkt. 8):
 - Sesja specjalna: „Emerging Technologies and Solutions for Smart Buildings”, na konferencji 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA 2017); współorganizacja z partnerami zagranicznymi
 - Sesja specjalna: „Event-based Architectures in Building Automation, Smart Cities, and Smart Grid”, na konferencji 2nd International Conference on Event-Based Control, Communication, and Signal Processing (EBCCSP 2016)
 - Sesja specjalna: „Event-based Technologies in Building Automation Systems”, na konferencji 1st International Conference on Event-Based Control, Communication, and Signal Processing (EBCCSP 2015)
- Członek komitetów organizacyjnych i programowych konferencji krajowych i zagranicznych (załącznik 4 pkt. 8):
 - 20th IEEE International Conference on Emerging Technologies & Factory Automation, ETFA 2015, 8-11 września 2015, Luksemburg
 - 2nd International Conference on Event-Based Control, Communication, and Signal Processing, 13-15 czerwca 2016, Kraków, Polska
 - 3rd International Conference on Event-based Control, Communication, and Signal Processing, 24-26 maja 2017, Funchal, Madera, Portugalia
 - 4th International Conference on Event-based Control, Communication, and Signal Processing, 27-29 czerwca 2018, Perpignan, Francja
 - XLVIII Międzyuczelniana Konferencja Metrologów MKM 2016, 5-7 września 2016, Kraków, Polska

6.4. Osiągnięcia popularyzujące naukę

Podejmowałem również szereg działań ukierunkowanych na popularyzację nauki. Do najważniejszych z nich zaliczam:

- Od roku 2006 – udział z referatami poświęconymi tematyce automatyzacji budynków w cyklicznych konferencjach „Inżynieria Elektryczna w Budownictwie” organizowanych przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich – SEP – oddział w Krakowie (2006, 2009, 2015)
- W roku 2010 – udział z referatem dotyczącym wykorzystania funkcji automatyki budynkowej w zarządzaniu energią w Tarnowskich Dniach Elektryki organizowanych przez SEP Tarnów, pod patronatem Enion
- Od roku 2011 – udział z referatami z zakresu smart meteringu i integracji funkcji zarządzania energią w systemach automatyki budynkowej, w cyklicznych seminariach Teleinformatyka w Przedsiębiorstwach Sieciowych – Smart Metering w Utilities, organizowanych przez Centrum Promocji Informatyki w Warszawie (2011, 2012, 2013 luty i kwiecień)
- Od roku 2011 – coroczny udział w corocznych Dniach Otwartych AGH; prezentacja Laboratorium Oceny Efektywności Energetycznej i Automatyki Budynków AutBudNet i prowadzonych w nim badań oraz zajęć dydaktycznych
- W latach 2011-2013 - prowadzenie serii szkoleń tematycznych i branżowych o tematyce: „Techniczne sposoby poprawy efektywności energetycznej w przedsiębiorstwie”. Szkolenia popularyzujące wiedzę z zakresu poprawy efektywności energetycznej w różnych obszarach funkcjonowania firm, w szczególności w zakresie infrastruktury budynków. W szkoleniach prezentowane m.in. wyniki badań i koncepcje organizacji systemów monitoringu oraz sterowania w budynkach. Szkolenia w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki – Narodowa Strategia Spójności, prowadzonego przez Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości (PARP)
- W roku 2018 – udział w Krakowskich Dniach Elektryka 2018; wykład tematyczny: „Inteligentne budynki - nowe wyzwania w dobie Inteligentnych Miast i Sieci”
- Od roku 2002 - podejmowana współpraca z różnymi firmami branży automatyki przemysłowej i budynkowej w szczególności w zakresie popularyzacji międzynarodowych standardów otwartych dla sieci systemów automatyki budynkowej - udział w seminariach i spotkaniach szkoleniowych (informacje w załączniku 4 - w cz. Informacja o współpracy z sektorem gospodarczym)
- W roku 2020 - udział w wirtualnej Nocy Naukowców - prezentacje wideo Laboratorium Automatyki Budynkowej AutBudNet AGH, forum w mediach społecznościowych kanał Facebook AutBudNet AGH https://www.facebook.com/Autbudnet-Laboratorium-Automatyki-Budynkowej-AGH-111915487201571/?view_public_for=111915487201571, kanał wideo YouTube AutBudNet AGH https://www.youtube.com/channel/UC5HEz9WiYbv9kac37MxQT_A/featured

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

W ramach realizacji różnych projektów naukowo-badawczych o których informuję szczegółowo w załączniku 4 do wniosku, brałem udział w organizacji i pracach merytorycznych oraz badawczych kilku konsorcjów i sieci badawczych.

7.1. Sieci badawcze i konsorcja

- Sieć KNX Scientific Partners. Od roku 2003 jestem partnerem naukowym międzynarodowego Stowarzyszenia KNX, zajmującego się rozwojem międzynarodowego, otwartego standardu automatyki budynkowej KNX. W ramach tej działalności prowadzę zajęcia dydaktyczne i szkoleniowe z zakresu organizacji technicznej i funkcjonalnej urządzeń automatyki oraz sieci rozproszonych automatyki budynkowej korzystających z technologii i protokołu komunikacji danych KNX. Współpracuję z zespołami naukowymi z TU Wien w Austrii oraz grupami roboczymi w ramach stowarzyszenia KNX Association.
- Ogólnopolskie Konsorcjum Naukowo-Przemysłowe Energooszczędnych Technologii Budynkowych Instalacji Elektrycznych; partnerzy: Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Politechnika Poznańska, Politechnika Gdańska, Schneider-Electric (Merten) oraz ZDANIA Sp z o.o. Od końca roku 2007 uczestniczę w radzie naukowej konsorcjum, w ramach którego prowadzona jest współpraca w zakresie rozwoju technologii sieciowych systemów rozproszonych automatyki budynkowej międzynarodowych standardów otwartych KNX, LonWorks i BACnet. W ramach współpracy utworzono laboratoria tych technologii w ośrodkach naukowych członków konsorcjum oraz realizowane są wspólne programy badawcze ukierunkowane na wykorzystanie systemów automatyki w poprawie efektywności energetycznej budynków. Wynikiem wspólnych badań jest publikacja [ON11] jednotematycznego cyklu publikacji przedkładanego w niniejszym wniosku habilitacyjnym.
- Sieć certyfikowanych laboratoriów oceny efektywności energetycznej i automatyki budynków - AutBudNet. W latach 2009-2011 powstała sieć laboratoriów specjalistycznych technologii sieciowych systemów automatyki budynkowej w ramach projektu dofinansowanego przez MNiSW z funduszy Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka. Brałem i biorę czynny udział w pracach badawczych i rozwojowych realizowanych nadal w ramach tej sieci, prowadząc Laboratorium Automatyki Budynkowej AutBudNet AGH oraz współpracując w szczególności z Laboratorium Systemu KNX i Oceny Efektywności Energetycznej Instalacji na Politechnice Poznańskiej. W ramach sieci prowadziłem badania efektywności energetycznej wybranych instalacji budynkowych, sterowanych w ramach sieciowych systemów automatyki. Efektem są publikacje w jednotematycznym cyklu [ON2], [ON6], [ON11].
- Międzynarodowe Konsorcjum Naukowo-Przemysłowe na potrzeby realizacji wspólnego projektu „RELflex – Renewable Energy and Load Flexibility in Industry”. Lider międzynarodowy: Fraunhofer Institute for Factory Operation and Automation IFF. Lider krajowy – Polska: Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Partnerzy: Magdeburg University of Applied Sciences - Niemcy, Arte Möbel GmbH – Niemcy, Europejski Instytut Miedzi, Chowaniec Leszek, Pokoje Gościnne Na Olczanskim Wierchu, Bachledówka SA. W ramach konsorcjum o charakterze międzynarodowym, jako kierownik strony polskiej w projekcie RELflex, brałem udział w pracach dotyczących ustalenia strategicznych

kierunków rozwoju prac badawczych w ramach wspomnianego projektu, ustalaniu najważniejszych celów i założeń w zakresie metodyki prowadzenia badań w projekcie oraz ustaleniu harmonogramu prac i wzajemnych powiązań rezultatów uzyskiwanych przez wszystkich partnerów konsorcjum. Obecnie w ramach prac konsorcjum w projekcie zadania badawcze dotyczące wykorzystania funkcji systemów BACS w realizacji aktywnego zarządzania popytem na energię i mechanizmów DSM, DSR.

W okresie mojej pracy naukowo-dydaktycznej na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie otrzymałem nagrody na szczeblu krajowym i uczelnianym.

7.2. Nagrody krajowe:

- Stypendium „Science Infrastructure Management Support” – SIMS; powiązane ze stażem krajowym i zagranicznym dla beneficjentów programu POIG, dz. 2.2 zaangażowanych w komercjalizację badań. Przyznane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR), rok 2014.

Stypendium przyznane za aktywny udział w organizacji technicznej i merytorycznej Laboratorium Automatyki Budynkowej AutBudNet AGH oraz współpracę zespołów naukowych i przedstawicieli przemysłu w ramach Konsorcjum Naukowo-Przemysłowego Energooszczędnych Technologii Budynkowych Instalacji Elektrycznych oraz przy realizacji projektu w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjne Gospodarka w latach 2009-2011.

- Stypendium „Top 500 Innovators Science-Management-Commercialization”; powiązane ze stażem zagranicznym w Stanford University dla naukowców zaangażowanych w badania o potencjale komercjalizacyjnym. Przyznane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW), rok 2015.

Stypendium przyznane za osiągnięcia naukowe i badawcze w zakresie współpracy z podmiotami przemysłowymi oraz aktywną działalność popularyzatorską technologii sieciowych systemów automatyki budynkowej w różnych obszarach aplikacyjnych na styku nauka-przemysł. Istotnym czynnikiem były również opublikowane przez mnie pierwsze publikacje naukowe w czasopismach o charakterze międzynarodowym.

7.3. Nagrody AGH:

- Rektorska Nagroda Naukowa za rok 2012, III stopnia, zespołowa, za osiągnięcia organizacyjne.

Nagrodę zespołową przyznano za zorganizowanie techniczne i merytoryczne prac Laboratorium Automatyki Budynkowej AutBudNet AGH oraz aktywne włączenie zespołu Laboratorium w prace w ramach projektu naukowego NCN i badawczo-rozwojowego NCBR (załącznik 4 pkt. 9)

- Rektorska Nagroda Dydaktyczna za rok 2014, III stopnia, zespołowa, za osiągnięcia naukowo-dydaktyczne

Nagroda przyznana za opracowanie kompleksowe nowego przedmiotu „Automatyka Budynkowa – implementacja w systemach inteligentnych”, stanowiącego istotne uzupełnienie i rozszerzenie oferty dydaktycznej, kierowanej do studentów kierunku Elektrotechnika Wydziału EAIiB AGH. Zespół któremu przewodniczyłem opracował komplet tematów wykładowych i zestaw ćwiczeń laboratoryjnych; przedmiot wprowadzony

do programu studiów kierunku Elektrotechnika, specjalność Automatyka Przemysłowa i Automatyka Budynków jako przedmiot obieralny dla studentów II stopnia.

- Rektorska Nagroda Naukowa za rok 2017, III stopnia, indywidualna, za osiągnięcia naukowe

Nagroda indywidualna przyznana za opracowanie serii artykułów konferencyjnych i do czasopism JCR, w latach 2016 i 2017 (zaindeksowanych w Web of Science w roku 2017). Artykuły te są elementem jednotematycznego cyklu publikacji przedkładanej w niniejszym wniosku habilitacyjnym. Nagroda dotyczy publikacji: [ON6], [ON7], [ON8], [ON9] oraz „Impact of building automation control systems on energy efficiency — university building case study”, publikacja recenzowana materiały konferencji międzynarodowej IEEE (konfer. ETFA 2017); „Building Automation Planning and Design Tool Implementing EN 15 232 BACS Efficiency Classes”, publikacja recenzowana materiały konferencji międzynarodowej IEEE (konfer. ETFA 2016); „Active control and monitoring functions with microlocation in building automation and control systems – case study”, publikacja recenzowana materiały konferencji międzynarodowej IEEE (konfer. ETFA 2016). Publikacje wykazane w załączniku 4 pkt. 4 i pkt. 7.

- Rektorska Nagroda Dydaktyczna za rok 2017, III stopnia, zespołowa, za osiągnięcia naukowo-dydaktyczne

Nagroda zespołowa przyznana za opracowanie nowego przedmiotu „Systemy automatyki w OZE”. To przedmiot obowiązkowy dla studentów studiów stacjonarnych I stopnia na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, opracowany i przygotowany na zlecenie tegoż Wydziału i prowadzony w ścisłej współpracy z pracownikami naukowymi tego Wydziału. Dla tego przedmiotu opracowałem komplet tematów wykładowych, wraz z materiałami dydaktycznymi oraz brałem udział w przygotowaniu cyklu ćwiczeń laboratoryjnych. Dla przedmiotu przygotowałem też wdrożenia elementów e-learningu, wraz z przygotowaniem kursu e-learningowego w konwencji flipped classroom dla serii wykładów oraz wprowadzenia do laboratorium.

- Rektorska Nagroda Dydaktyczna za rok 2018, I stopnia, zespołowa, za osiągnięcia dydaktyczne

Nagroda zespołowa przyznana za opracowanie nowego przedmiotu „Systemy sterowania inteligentnymi budynkami”. To przedmiot obowiązkowy dla studentów studiów stacjonarnych II stopnia na Wydziale Energetyki i Paliw (EiP), kierunku: Energetyka Odnawialna i Zarządzanie Energią, specjalności Technologie Energetyki Odnawialnej. Przedmiot został opracowany i przygotowany na zlecenie Wydziału EiP i prowadzony w ścisłej współpracy z koordynatorem dydaktyki z tegoż Wydziału. Przygotowałem kompletny zestaw tematów wykładowych wraz z materiałami dydaktycznymi. Opracowany został również zestaw ćwiczeń laboratoryjnych, z wprowadzeniem elementów e-learningu i metodyki blended learning.

Ponadto, nagroda przyznana za wprowadzenie istotnych modyfikacji w organizacji laboratoriów przedmiotu Automatyka budynkowa - implementacja w systemach inteligentnych. Opracowałem modyfikację i rozszerzenie tematyki stanowisk laboratoryjnych oraz aktualizację programu ćwiczeń. Wprowadzono całkowicie nowe zagadnienia i stanowiska laboratoryjne dotyczące obsługi liczników energii z różnymi interfejsami automatyki budynkowej i rozproszonych sieci automatyki, w perspektywie organizacji systemów monitoringu zużycia energii w budynkach w ramach systemów BMS oraz integracji funkcji zarządzania energią DSM.

Elementem ocenianym we wniosku o nagrodę był również fakt znalezienia się mojej osoby na liście 10% najlepiej ocenianych prowadzących zajęcia przez studentów w roku akademickim 2017/2018.

- Rrektorska Nagroda Dydaktyczna za rok 2019, II stopnia, indywidualna, za osiągnięcia dydaktyczne

Nagroda indywidualna przyznana za opracowanie nowego cyklu wykładów do przedmiotu „Podstawy elektroniki cyfrowej” prowadzonego jako obowiązkowy na semestrze 5 studiów I stopnia dla kierunku Informatyka Wydziału EAIiB. W ramach wykładu przygotowałem i wykorzystałem dydaktycznie materiały wideo wyjaśniające i rozszerzające prezentowane zagadnienia organizacji funkcjonalnej i realizacji technicznej układów cyfrowych. Wykorzystałem platformy symulacyjne, umożliwiające dyskusję różnych wariantów działania i realizacji określonych elementów układów cyfrowych, w szczególności realizowanych w różnych technologiach. Wprowadziłem też elementy e-learningu i metodyki flipped classroom.

Elementem oceny wniosku o nagrodę było również opracowanie przeze mnie całkowicie nowego cyklu wykładów i ćwiczeń dla przedmiotu „Podstawy techniki cyfrowej i mikroprocesorowej”, realizowanego jako przedmiot obowiązkowy dla studiów stacjonarnych II stopnia na Wydziale Energetyki i Paliw (EiP) AGH. Na potrzeby wykładów opracowałem nowy materiał związany z podstawowymi zagadnieniami techniki cyfrowej dotyczącymi analizy i syntezy układów kombinacyjnych i sekwencyjnych, optymalizacją funkcji logicznych i ich realizacją praktyczną w układach cyfrowych. Na potrzeby realizacji zajęć laboratoryjnych przygotowałem nowe tematy ćwiczeń wraz z odpowiednimi instrukcjami udostępnianymi w formie elektronicznej na kursie platformy Moodle. Same stanowiska zbudowano w oparciu o infrastrukturę oprogramowania i stanowisk laboratoryjnych w Laboratorium Automatyki Budynkowej AutBudNet AGH.

Ostatnim osiągnięciem ocenianym we wniosku o nagrodę była istotna modernizacja laboratorium dla przedmiotu „Systemy automatyzacji budynków”, realizowanego dla Studentów kierunku Elektrotechnika, specjalności Automatyka przemysłowa i automatyka budynków, na studiach II stopnia semestr 3. Na potrzeby tych zajęć przygotowałem od podstaw nowe stanowiska laboratoryjne oraz zestaw instrukcji ćwiczeniowych, wraz z materiałami pomocniczymi do samokształcenia, uzupełniania wiedzy przez studentów. Innowacyjnym elementem zajęć jest wprowadzenie metody pracy grupowej, w zespołach stanowiskowych w formie Jigsaw – gdzie wybrani studenci-liderzy, po przeszkoleniu i pracy z prowadzącym na początkowych zajęciach w semestrze, pracują następnie w grupach przy stanowiskach w roli ekspertów, uczących pozostałych członków grupy, zespołu.

8. Bibliografia

- [1] Ullmann, R., *Promoting Energy Efficiency with BACS*, eu.bac, 1–4, 2013.
- [2] Rocha, P., Siddiqui, A., Stadler, M., *Improving energy efficiency via smart building energy management systems: A comparison with policy measures*, “Energy and Buildings,” vol. 88, 203–213, 2015, doi: 10.1016/j.enbuild.2014.11.077.
- [3] Hernández, J. et al., *A Fuzzy-Based Building Energy Management System for Energy Efficiency*, “Buildings,” vol. 8, nr 2, 14, 2018, doi: 10.3390/buildings8020014.
- [4] Tzeng, C.-B. B., Wey, T.-S. S., Ma, S.-H. H., *Building a Flexible Energy Management System with LonWorks Control Network*, in *2008 Eighth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, Nov. 2008, vol. 3, 587–593, doi:

- 10.1109/ISDA.2008.310.
- [5] Sechilariu, M., Wang, B., Locment, F., *Building-integrated microgrid: Advanced local energy management for forthcoming smart power grid communication*, "Energy and Buildings," vol. 59, 236–243, 2013, doi: 10.1016/j.enbuild.2012.12.039.
 - [6] Palensky, P. et al., *Demand Side Management : Demand Response , Intelligent Energy Systems , and Smart Loads*, "IEEE Transactions on Industrial Informatics," vol. 7, nr 3, 381–388, 2011, doi: 10.1109/TII.2011.2158841.
 - [7] Siano, P., *Demand response and smart grids—A survey*, "Renewable and Sustainable Energy Reviews," vol. 30, 461–478, 2014, doi: 10.1016/j.rser.2013.10.022.
 - [8] Keshtkar, A., Arzanpour, S., Keshtkar, F., *Adaptive residential demand-side management using rule-based techniques in smart grid environments*, "Energy and Buildings," vol. 133, 281–294, 2016, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.09.070.
 - [9] Fotouhi Ghazvini, M. A. et al., *Demand response implementation in smart households*, "Energy and Buildings," vol. 143, 129–148, 2017, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.03.020.
 - [10] KNX_Association, *KNX Demand Side Management, White Paper*, 2013.
 - [11] PN-EN 14908, *Otwarta transmisja danych w automatyzacji budynków, sterowaniu i zarządzaniu budynkami - Protokół sieci sterowania*, 2014. [Online]. Available: <https://sklep.pkn.pl/pn-en-14908-1-2014-06e.html>.
 - [12] Ożadowicz, A., Stankiewicz, A., *Zastosowanie technologii LonWorks w układzie oszczędności energii*, "Elektrotechnika i Elektronika: półrocznik Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie," vol. 20, nr 1, 1–13, 2001.
 - [13] Ożadowicz, A., *Pomiary zużycia energii elektrycznej w budynku Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki AGH w Krakowie, w trakcie realizacji instalacji pilotażowej sieci LonWorks : metodologia pomiarów i opracowanie wyników*, "Elektrotechnika i Elektronika : półrocznik Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie," vol. 22, nr 2, 84–94, 2003.
 - [14] Ruta, M., Scioscia, F., Di Sciascio, E., Loseto, G., *Semantic-Based Enhancement of ISO/IEC 14543-3 EIB/KNX Standard for Building Automation*, "IEEE Transactions on Industrial Informatics," vol. 7, nr 4, 731–739, 2011, doi: 10.1109/TII.2011.2166792.
 - [15] Ożadowicz, A., Strzałka, J., *Zagadnienia jakości i użytkowania energii elektrycznej w odniesieniu do instalacji inteligentnego budynku*, in *Problemy jakości energii elektrycznej w sieciach dystrybucyjnych i odbiorczych : symposium*, 2004, 115–123.
 - [16] Ożadowicz, A., Strzałka, J., *Power quality and utilization issues in the electrical installation of intelligent building*, in *InBuS 2004 : 3rd international congress on Intelligent Building Systems: congress proceedings*, 2004, 189–196.
 - [17] Ożadowicz, A., Hanzelka, Z., *Jakość energii elektrycznej w obiektach budowlanych*, "Elektroinstalator," vol. 11, nr 12, 46–53, 2004.
 - [18] Ożadowicz, A., *Systemy inteligentnego budynku jako narzędzie monitoringu zużycia i jakości energii elektrycznej*, in *Inżynieria elektryczna w budownictwie : III konferencja naukowo-techniczna*, 2006, 175–185.
 - [19] Ożadowicz, A., *Systemy inteligentnego budynku jako element monitoringu zużycia i jakości energii elektrycznej w obiektach budowlanych*, "Elektroinstalator," vol. 13, nr 7–8, 6–10, 2006.
 - [20] Ożadowicz, A., *Systemy sieciowe – technologie energooszczędne i poszanowanie energii*, "Wiadomości Elektrotechniczne," vol. 78, nr 1, 3–8, 2010.
 - [21] Ożadowicz, A. et al., *Systemy automatyki budynkowej – technologie energooszczędne i poszanowanie energii w budownictwie*, "Electro Info," nr 12, 48–52, 2010.
 - [22] Ożadowicz, A., Grela, J., *Systemy automatyki budynkowej: efektywność energetyczna budynków i Smart Metering*, "Inteligentny Budynek," vol. 2, 28–33, 2011.
 - [23] Noga, M., Ożadowicz, A., Grela, J., *Efektywność energetyczna i Smart Metering –*

- nowe wyzwania dla systemów automatyki budynkowej, "Napędy i Sterowanie," vol. 14, nr 12, 54–59, 2012.
- [24] Ożadowicz, A., *Automatyka budynkowa w realizacji systemów smart grid – energooszczędność i integracja na poziomie odbiorcy energii*, "Wiadomości Elektrotechniczne," nr 11, 40–44, 2013.
 - [25] Patti, E. et al., *Event-Driven User-Centric Middleware for Energy-Efficient Buildings and Public Spaces*, "IEEE Systems Journal," 1–10, 2014, doi: 10.1109/JSYST.2014.2302750.
 - [26] Lilis, G., Conus, G., Kayal, M., *A distributed, event-driven building management platform on web technologies*, in *2015 International Conference on Event-based Control, Communication, and Signal Processing (EBCCSP)*, Jun. 2015, 1–8, doi: 10.1109/EBCCSP.2015.7300702.
 - [27] Di Giorgio, A., Pimpinella, L., *An event driven Smart Home Controller enabling consumer economic saving and automated Demand Side Management*, "Applied Energy," vol. 96, 92–103, 2012, doi: 10.1016/j.apenergy.2012.02.024.
 - [28] Wang, Y., Pordanjani, I. R., Xu, W., *An Event-Driven Demand Response Scheme for Power System Security Enhancement*, "IEEE Transactions on Smart Grid," vol. 2, nr 1, 23–29, 2011, doi: 10.1109/TSG.2011.2105287.
 - [29] PN-EN 15232, *Energetyczne właściwości budynków -- Wpływ automatyzacji, sterowania i technicznego zarządzania budynkami*, 2012. [Online]. Available: <http://sklep.pkn.pl/pn-en-15232-2012p.html>.
 - [30] Marinakis, V., Doukas, H., Karakosta, C., Psarras, J., *An integrated system for buildings' energy-efficient automation: Application in the tertiary sector*, "Applied Energy," vol. 101, 6–14, 2013, doi: 10.1016/j.apenergy.2012.05.032.
 - [31] Ippolito, M. G. G., Riva Sanseverino, E., Zizzo, G., *Impact of building automation control systems and technical building management systems on the energy performance class of residential buildings: An Italian case study*, "Energy and Buildings," vol. 69, 33–40, 2014, doi: 10.1016/j.enbuild.2013.10.025.
 - [32] Sanseverino, E. R., Zizzo, G., Cascia, D. La, *Economic Impact of BACS and TBM Systems on Residential Buildings*, in *Clean Electrical Power (ICCEP), 2013 International Conference on*, 2013, 591–595.
 - [33] Schönenberger, P., *eu.bac System*, "Energy and Buildings," vol. 100, 16–19, 2015, doi: 10.1016/j.enbuild.2014.11.051.
 - [34] Ozadowicz, A., Grela, J., *The street lighting integrated system case study, control scenarios, energy efficiency*, in *Proceedings of the 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA)*, Sep. 2014, 1–4, doi: 10.1109/ETFA.2014.7005345.
 - [35] Kwasnowski, P., Fedorczak-Cisak, M., *Methodology of Specification and Design of Public Utility Buildings to Reach the Maximum Energy Performance According to EPBD and EN 15232: 2012 Standard*, "TECHNICAL TRANSACTIONS ARCHITECTURE," vol. 7-A, 133–138, 2014.
 - [36] Beccali, M., Bonomolo, M., Zizzo, G., *Definition and assessment of a BAC factor for estimating electrical consumption of outdoor lighting*, "2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)," 1–6, 2018, doi: 10.1109/EEEIC.2018.8494617.
 - [37] Echelon Corp., *The Industrial Internet of Things is Really Control Networking 2.0*, 2014.
 - [38] Echelon Corp., *IzoT Device Stack*. 2014.
 - [39] Grela, J., Ożadowicz, A., *Uniwersalne moduły technologii Internetu Rzeczy (IoT) dla systemów automatyki budynkowej i zarządzania energią w budynkach*, "Napędy i

- Sterowanie,” nr 6, 68–73, 2016.
- [40] Ożadowicz, A., Grela, J., *Elementy aktywnego zarządzania popytem na energię w budynkach inteligentnych i mikroinstalacjach prosumenckich*, “Napędy i Sterowanie,” nr 12, 56–63, 2016.
 - [41] Prodanovic, M., Gafurov, T., Tellez, M. B., *A demand based approach to optimisation of energy supply mix for smart buildings*, in *2012 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies (ISGT)*, Jan. 2012, 1–8, doi: 10.1109/ISGT.2012.6175731.
 - [42] Bettinazzi, G., Nacci, A. A., Sciuto, D., *Methods and Algorithms for the Interaction of Residential Smart Buildings with Smart Grids*, “2015 IEEE 13th International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing,” 178–182, 2015, doi: 10.1109/EUC.2015.17.
 - [43] Jachimski, M. *et al.*, *Event-based and time-triggered energy consumption data acquisition in building automation*, in *2015 International Conference on Event-based Control, Communication, and Signal Processing (EBCCSP)*, Jun. 2015, 1–6, doi: 10.1109/EBCCSP.2015.7300703.
 - [44] Simonov, M., Zanetto, G., *Event-based hybrid metering feeding AMI and SCADA*, in *2015 International Conference on Event-based Control, Communication, and Signal Processing (EBCCSP)*, Jun. 2015, 1–8, doi: 10.1109/EBCCSP.2015.7300706.
 - [45] Mahmood, D. *et al.*, *Realistic Scheduling Mechanism for Smart Homes*, “Energies,” vol. 9, nr 3, 202, 2016, doi: 10.3390/en9030202.
 - [46] Pawlowski, A., Cervin, A., Guzman, J. L., Berenguel, M., *Generalized Predictive Control With Actuator Deadband for Event-Based Approaches*, “IEEE Transactions on Industrial Informatics,” vol. 10, nr 1, 523–537, 2014, doi: 10.1109/TII.2013.2270570.
 - [47] Babar, M., Nguyen, P. H., Cuk, V., Kamphuis, I. G., *The development of demand elasticity model for demand response in the retail market environment*, in *2015 IEEE Eindhoven PowerTech*, Jun. 2015, 1–6, doi: 10.1109/PTC.2015.7232789.
 - [48] Babar, M. *et al.*, *The rise of AGILE demand response: Enabler and foundation for change*, “Renewable and Sustainable Energy Reviews,” vol. 56, 686–693, 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.11.084.
 - [49] Amin, U., Hossain, M. J., Lu, J., Mahmud, M. A., *Cost-benefit analysis for proactive consumers in a microgrid for transactive energy management systems*, “Proceedings of the 2016 Australasian Universities Power Engineering Conference, AUPEC 2016,” 2016, doi: 10.1109/AUPEC.2016.07749343.
 - [50] Pratt, A. *et al.*, *Transactive Home Energy Management Systems: The Impact of Their Proliferation on the Electric Grid*, “IEEE Electrification Magazine,” vol. 4, nr 4, 8–14, 2016, doi: 10.1109/MELE.2016.2614188.
 - [51] Kumar Nunna, H. S. V. S., Srinivasan, D., *Multi-Agent based Transactive Energy Framework for Distribution Systems with Smart Microgrids*, “IEEE Transactions on Industrial Informatics,” vol. 3203, nr c, 1–1, 2017, doi: 10.1109/TII.2017.2679808.
 - [52] Patterson, B. T., *DC, Come Home: DC Microgrids and the Birth of the “Enernet”*, “IEEE Power and Energy Magazine,” vol. 10, nr 6, 60–69, 2012, doi: 10.1109/MPE.2012.2212610.
 - [53] Samad, T., Koch, E., Stluka, P., *Automated Demand Response for Smart Buildings and Microgrids: The State of the Practice and Research Challenges*, “Proceedings of the IEEE,” vol. 104, nr 4, 726–744, 2016, doi: 10.1109/JPROC.2016.2520639.
 - [54] Phurailatpam, C. *et al.*, *Demand side management system for future buildings*, in *2016 First International Conference on Sustainable Green Buildings and Communities (SGBC)*, Dec. 2016, 1–6, doi: 10.1109/SGBC.2016.7936058.
 - [55] Gupta, A., Doolla, S., Chatterjee, K., *Hybrid AC-DC Microgrid: Systematic Evaluation of Control Strategies*, “IEEE Transactions on Smart Grid,” vol. 3053, nr c, 1–1, 2017,

- doi: 10.1109/TSG.2017.2727344.
- [56] European Parliament, *DIRECTIVE (EU) 2018/844 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the energy performance of buildings*. EU, 2018.
 - [57] Märzinger, T., Österreicher, D., *Supporting the Smart Readiness Indicator—A Methodology to Integrate A Quantitative Assessment of the Load Shifting Potential of Smart Buildings*, “Energies,” vol. 12, nr 10, 1955, 2019, doi: 10.3390/en12101955.
 - [58] Verbeke, S. et al., *Final Report on the Technical Support To the Development of a Smart Readiness Indicator for*, nr June. Office of the European Union, 2020.
 - [59] VDI 3813, *Gebäudeautomation (GA) - Raumautomation*, 2011.
 - [60] Fuentes, D. E. D. et al., *Evaluation and simulation of building automation systems based on their AutomationML description*, in *2016 IEEE 21st International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, Sep. 2016, 1–6, doi: 10.1109/ETFA.2016.7733671.
 - [61] Noga, M., Ożadowicz, A., Grela, J., *Modern, certified building automation laboratories AutBudNet – put “learning by doing” idea into practice*, “Electrical Review,” nr 11, 137–141, 2012, Accessed: Sep. 26, 2013. [Online]. Available: <http://www.pe.org.pl/articles/2012/11a/32.pdf>.
 - [62] Henneke, D., Freudenmann, C., Wisniewski, L., Jasperneite, J., *Implementation of industrial cloud applications as controlled local systems (CLS) in a smart grid context*, in *2017 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, Sep. 2017, 1–7, doi: 10.1109/ETFA.2017.8247687.
 - [63] Conus, G., Lilis, G., Zanjani, N. A., Kayal, M., *Toward event-driven mechanism for load profile generation*, in *2017 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, Sep. 2017, 1–6, doi: 10.1109/ETFA.2017.8247685.
 - [64] Rocha, R. et al., *The Arrowhead Framework applied to energy management*, in *2018 14th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems (WFCS)*, Jun. 2018, vol. 2018-June, 1–10, doi: 10.1109/WFCS.2018.8402357.
 - [65] Ożadowicz, A., Grela, J., Wisniewski, L., Smok, K., *Application of the Internet of Things (IoT) Technology in Consumer Electronics - Case Study*, in *2018 IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, Sep. 2018, 1037–1042, doi: 10.1109/ETFA.2018.8502468.
 - [66] Ożadowicz, A., *Modified Blended Learning in Engineering Higher Education during the COVID-19 Lockdown—Building Automation Courses Case Study*, “Education Sciences,” vol. 10, nr 10, 292, 2020, doi: 10.3390/educsci10100292.