

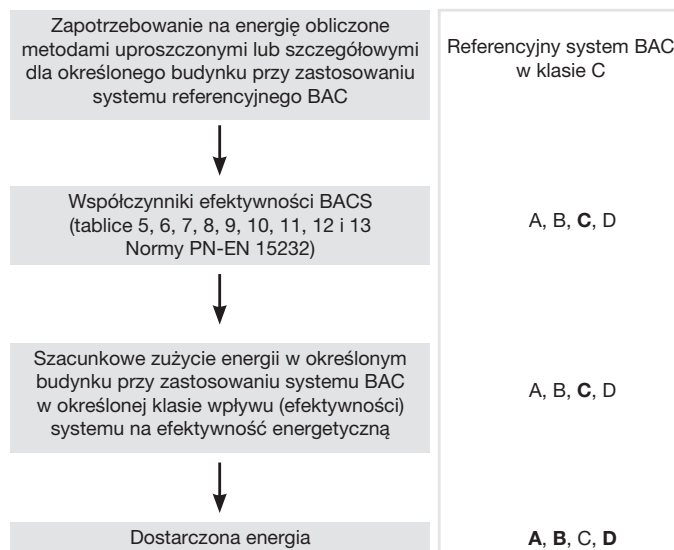
Ocena wpływu systemów automatyki na efektywność energetyczną budynków w świetle normy PN-EN 15232 – część 3

Metoda współczynników efektywności BACS

Kontynuujemy prezentację normy PN-EN 15232, która stanowi narzędzie do klasyfikacji i oceny wpływu systemów automatyki na efektywność energetyczną budynków. W dalszej części artykułu klasy wpływu systemów BAC na efektywność energetyczną budynków, opisane w poprzednich częściach artykułu, nazywać będziemy w skrócie klasami efektywności systemów BAC. W normie zdefiniowano dwie metody tej oceny i sposobu ustalenia całkowitego zapotrzebowania budynku na energię w zależności od funkcjonalności systemu BAC: metodę uproszczoną, nazwaną w normie „metodą współczynników efektywności BACS” (ang. BACS efficiency factor method), oraz szczegółową metodę obliczeniową, bazującą na metodologii obliczeń określonych przez normy branżowe dla poszczególnych instalacji technologicznych (ang. Detailed method). W tej części artykułu przedstawiona zostanie metoda współczynników efektywności BACS.

Metoda współczynników efektywności BACS opiera się na przedstawionych w normie tablicach współczynników efektywności systemów BAC dla podstawowych instalacji technologicznych, dla różnego typu budynków, o różnych profilach użytkowania, w odniesieniu do referencyjnego systemu automatyki budynku, sterowania i zarządzania o funkcjonalności odpowiadającej klasie C wpływu systemu BAC na efektywność energetyczną budynku (wg klasyfikacji przedstawionej w poprzednich częściach artykułu). Współczynniki efektywności BACS zamieszczone w normie zostały obliczone w oparciu o wyniki uzyskane z dużej liczby symulacji wykonanych za pomocą programu TRNSYS, przeznaczonego do symulacji energetycznej budynków. Wpływ różnych funkcji systemów BAC i TBM na właściwości energetyczne budynków został ustalony przez porównanie rocznego zużycia energii standardowego pomieszczenia (zgodnie z wytycznymi zawartymi w dyrektywie energetycznej EPBD 2006) dla różnych funkcji BACS i TBM, reprezentujących różne klasy wpływu tych systemów na efektywność energetyczną. Dla funkcjonalności systemu BAC w klasie C i konkretnego budynku szacuje się roczne zapotrzebowanie na energię cieplną (na ogrzewanie, chłodzenie, ciepłą wodę użytkową) oraz na energię elektryczną (na oświetlenie, wentylację oraz energię pomocniczą do obsługi pozostałych instalacji technologicznych). Następnie, wykorzystując tablice współ-

czynników efektywności BACS, można obliczyć szacunkowe zapotrzebowanie na energię budynku rzeczywistego z systemem BAC w określonej klasie efektywności A, B lub D. Schemat postępowania (procedura obliczeniowa) dla metody współczynników efektywności BACS jest zilustrowany na rys. 1.



Rys. 1. Metoda współczynników efektywności systemów BAC. Sekwencja obliczeniowa oszacowania zużycia energii budynku przy zastosowaniu systemów BAC w klasie A, B lub D

Potrzebne w pierwszym kroku procedury oszacowanie zużycia energii dla określonego budynku, przy założeniu zastosowania systemu BAC w klasie C, można wykonać metodami szczegółowymi lub uproszczonymi, zgodnie z odpowiednimi normami branżowymi powiązаныmi z dyrektywą EPBD:

- EN 15316 oraz EN 13790 dla energii cieplnej oraz pomocniczej energii elektrycznej dla instalacji grzewczych,
- EN 15255 oraz EN 13790 dla energii cieplnej oraz pomocniczej energii elektrycznej dla instalacji chłodniczych,
- EN 15316 oraz EN 13790 dla energii cieplnej oraz pomocniczej energii elektrycznej dla instalacji ciepłej wody użytkowej,
- EN 15193 dla energii elektrycznej na oświetlenie,
- EN 15241 dla energii elektrycznej dla instalacji wentylacji.

Po wykonaniu obliczeń w pierwszym kroku procedury można określić szacunkowe zapotrzebowanie określonego budynku z systemem automatyki, sterowania i zarządzania o funkcjonalności w klasie C wpływu na efektywność energetyczną (budynek referencyjny) na następujące składniki energii:

- całkowitą energię cieplną – $Q_{BACS,th,ref}$
- całkowitą energię elektryczną – $Q_{BACS,el,ref}$

oraz szczegółowo, w rozdzieleniu na:

- energię cieplną na ogrzewanie – $Q_{BACS,H,ref}$
- energię cieplną na chłodzenie – $Q_{BACS,C,ref}$
- energię cieplną na ciepłą wodę użytkową – $Q_{BACS,DHW,ref}$
- energię elektryczną na oświetlenie i obsługę instalacji technologicznych – $W_{BACS,el-au,ref}$

Po przemnożeniu tych wartości energii przez odpowiednie współczynniki efektywności dla określonych typów budynków i określonych instalacji technologicznych otrzymuje-

my szacunkowe zużycie energii przez budynek dla różnych funkcjonalności systemów BAC i TBM, odpowiednich dla klas efektywności A, B lub D.

W artykule przedstawiono tablice współczynników efektywności BACS dla różnych typów budynków i różnych funkcjonalności systemów A, B, C i D, determinujących przynależność systemu do określonej klasy wpływu systemu BAC na efektywność energetyczną budynku, w odniesieniu do budynku referencyjnego z funkcjonalnością systemu BAC klasy C. Dla ułatwienia zachowano numerację tablic zgodnie z numeracją w normie PN-EN 15232:2012.

W pierwszej kolejności zamieszczone są tablice zawierające współczynniki całkowitej efektywności dla poszczególnych klas systemów BAC i TBM dla energii cieplnej i energii elektrycznej dla budynków niemieszkalnych i mieszkalnych. Kolejno zamieszczone są tablice zawierające współczynniki efektywności dla poszczególnych instalacji technologicznych dla odpowiednich klas systemów.

Tablice współczynników całkowitej efektywności systemów BAC/TBM dla energii cieplnej

Tablica 5. Współczynniki całkowitej efektywności systemów BAC/TBM $f_{BACS,th}$ dla energii cieplnej – budynki niemieszkalne

Typy budynków niemieszkalnych	Współczynniki całkowitej efektywności BACS $f_{BACS,th}$			
	D	C (referencja)	B	A
	Energetycznie nieskuteczne	Standard	Systemy zaawansowane	Wysoka efektywność energetyczna
Biura	1,51	1	0,80	0,70
Sale wykładowe	1,24	1	0,75	0,5 ^a
Budynki edukacyjne (szkoły)	1,20	1	0,88	0,80
Szpitala	1,31	1	0,91	0,86
Hotele	1,31	1	0,85	0,68
Restauracje	1,23	1	0,77	0,68
Budynki usług handlu hurtowego i detalicznego	1,56	1	0,73	0,6 ^a
Inne typy: – obiekty sportowe – magazyny – budynki przemysłowe – inne		1		

^a Wartości te silnie zależą od wymagań w zakresie ogrzewania/chłodzenia dla systemu wentylacji.

Tablica 6. Współczynniki całkowitej efektywności systemów BAC/TBM $f_{BACS,th}$ dla energii cieplnej – budynki mieszkalne

Typy budynków mieszkalnych	Współczynniki całkowitej efektywności BACS $f_{BACS,th}$			
	D	C (referencja)	B	A
	Energetycznie nieskuteczne	Standard	Systemy zaawansowane	Wysoka efektywność energetyczna
Domy jednorodzinne				
Apartamentowce	1,10	1	0,88	0,81
Inne domy mieszkalne lub podobne budynki mieszkalne				

Tablice współczynników całkowitej efektywności systemów BAC/TBM dla energii elektrycznej

Tablica 7. Współczynniki całkowitej efektywności systemów BAC/TBM $f_{BACS,el}$ dla energii elektrycznej – budynki niemieszkalne

Typy budynków niemieszkalnych	Współczynniki całkowitej efektywności BACS $f_{BACS,el}$			
	D	C (Referencja)	B	A
	Energetycznie nieskuteczne	Standard	Systemy zaawansowane	Wysoka efektywność energetyczna
Biura	1,10	1	0,93	0,87
Salę wykładowe	1,06	1	0,94	0,89
Budynki edukacyjne (szkoły)	1,07	1	0,93	0,86
Szpital	1,05	1	0,98	0,96
Hotele	1,07	1	0,95	0,90
Restauracje	1,04	1	0,96	0,92
Budynki usług handlu hurtowego i detalicznego	1,08	1	0,95	0,91
Inne typy: – obiekty sportowe – magazyny – budynki przemysłowe – inne		1		

Tablica 8. Współczynniki całkowitej efektywności systemów BAC/TBM $f_{BACS,el}$ dla energii elektrycznej – budynki mieszkalne

Typy budynków mieszkalnych	Współczynniki całkowitej efektywności BAC $f_{BACS,el}$			
	D	C (referencja)	B	A
	Energetycznie nieskuteczne	Standard	Systemy zaawansowane	Wysoka efektywność energetyczna
Domy jednorodzinne Apartamentowce Inne domy mieszkalne lub podobne budynki mieszkalne	1,08	1	0,93	0,92

Tablice szczegółowych współczynników efektywności systemów BAC/TBM dla instalacji grzewczych i chłodniczych

Tablica 10. Szczegółowe współczynniki efektywności BACS dla energii grzewczej $f_{BACS,H}$ i energii chłodniczej $f_{BACS,C}$ – budynki mieszkalne

Typy budynków mieszkalnych	Szczegółowe współczynniki efektywności BACS $f_{BACS,H}$ i $f_{BACS,C}$							
	D		C (wzorcowy)		B		A	
	Energetycznie nieskuteczne		Standard		Systemy zaawansowane		Wysoka efektywność energetyczna	
	$f_{BACS,H}$	$f_{BACS,C}$	$f_{BACS,H}$	$f_{BACS,C}$	$f_{BACS,H}$	$f_{BACS,C}$	$f_{BACS,H}$	$f_{BACS,C}$
Domy jednorodzinne Apartamentowce Inne domy mieszkalne lub podobne budynki mieszkalne	1,09	–	1	–	0,88	–	0,81	–

Tablica 9. Szczegółowe współczynniki efektywności BACS dla energii grzewczej $f_{BACS,H}$ i energii chłodniczej $f_{BACS,C}$ – budynki niemieszkalne

Typy budynków niemieszkalnych	Szczegółowe współczynniki efektywności BACS $f_{BACS,H}$ i $f_{BACS,C}$							
	D		C (wzorcowy)		B		A	
	Energetycznie nieskuteczne		Standard		Systemy zaawansowane		Wysoka efektywność energetyczna	
	$f_{BACS,H}$	$f_{BACS,C}$	$f_{BACS,H}$	$f_{BACS,C}$	$f_{BACS,H}$	$f_{BACS,C}$	$f_{BACS,H}$	$f_{BACS,C}$
Biura	1,44	1,57	1	1	0,79	0,80	0,70	0,57
Sale wykładowe	1,22	1,32	1	1	0,73	0,94	0,3 ^a	0,64
Budynki edukacyjne (szkoły)	1,20	–	1	1	0,88	–	0,80	–
Szpitala	1,31	–	1	1	0,91	–	0,86	–
Hotele	1,17	1,76	1	1	0,85	0,79	0,61	0,76
Restauracje	1,21	1,39	1	1	0,76	0,94	0,69	0,6
Budynki usług handlu hurtowego i detalicznego	1,56	1,59	1	1	0,71	0,85	0,46 ^a	0,55
Inne typy: – obiekty sportowe – magazyny – budynki przemysłowe – inne			1	1				

^a Wartości te silnie zależą od wymagań w zakresie ogrzewania/chłodzenia dla systemu wentylacji.

Tablice szczegółowych współczynników efektywności systemów BAC/TBM dla instalacji ciepłej wody użytkowej

Tablica 11. Szczegółowe współczynniki efektywności BACS dla ciepłej wody użytkowej $f_{BACS,DHW}$ – budynki niemieszkalne

Typy budynków niemieszkalnych	Szczegółowe współczynniki efektywności BACS $f_{BACS,DHW}$			
	D	C (wzorcowy)	B	A
	Energetycznie nieskuteczne	Standard	Systemy zaawansowane	Wysoka efektywność energetyczna
	$f_{BACS,DHW}$	$f_{BACS,DHW}$	$f_{BACS,DHW}$	$f_{BACS,DHW}$
Biura Sale wykładowe Budynki edukacyjne (szkoły) Szpitale Hotele Restauracje Budynki usług handlu hurtowego i detalicznego Inne typy budynków: – obiekty sportowe – magazyny – budynki przemysłowe – inne	1,11	1,00	0,90	0,80

Tablica 12. Szczegółowe współczynniki efektywności BACS dla ciepłej wody użytkowej $f_{BACS,DHW}$ – budynki mieszkalne

Typy budynków mieszkalnych	Szczegółowe współczynniki efektywności BACS $f_{BACS,DHW}$			
	D	C (wzorcowy)	B	A
	Energetycznie nieskuteczne	Standard	Systemy zaawansowane	Wysoka efektywność energetyczna
	$f_{BACS,DHW}$	$f_{BACS,DHW}$	$f_{BACS,DHW}$	$f_{BACS,DHW}$
Domy jednorodzinne	1,11	1,00	0,90	0,80
Apartamentowce				
Inne domy mieszkalne lub podobne budynki mieszkalne				

Tablice szczegółowych współczynników efektywności systemów BAC/TBM dla oświetlenia oraz pomocniczej energii elektrycznej dla instalacji technologicznych

Tablica 13. Szczegółowe współczynniki efektywności BACS dla oświetlenia $f_{BACS,el-li}$ i dla pomocniczej energii elektrycznej $f_{BACS,el-au}$ – budynki niemieszkalne

Typy budynków niemieszkalnych	Szczegółowe współczynniki efektywności BACS $f_{BACS,el-li}$ i $f_{BACS,el-au}$							
	D		C (Wzorcowy)		B		A	
	Energetycznie nieskuteczne	Standard	Systemy zaawansowane	Wysoka efektywność energetyczna				
	$f_{BACS,el-li}$	$f_{BACS,el-au}$	$f_{BACS,el-li}$	$f_{BACS,el-au}$	$f_{BACS,el-li}$	$f_{BACS,el-au}$	$f_{BACS,el-li}$	$f_{BACS,el-au}$
Biura	1,1	1,15	1	1	0,85	0,86	0,72	0,72
Sale wykładowe	1,1	1,11	1	1	0,88	0,88	0,76	0,78
Budynki edukacyjne (szkoły)	1,1	1,12	1	1	0,88	0,87	0,76	0,74
Szpitala	1,2	1,1	1	1	1	0,98	1	0,96
Hotele	1,1	1,12	1	1	0,88	0,89	0,76	0,78
Restauracje	1,1	1,09	1	1	1	0,96	1	0,92
Budynki usług handlu hurtowego i detalicznego	1,1	1,13	1	1	1	0,95	1	0,91
Inne typy: – obiekty sportowe – magazyny – budynki przemysłowe – inne	–	–	1	1	–	–	–	–

Na zakończenie w tablicy 14 zacytujemy z normy przykład zastosowania metody współczynników efektywności systemu BAC dla konkretnego przypadku. Zakładając wcześniejsze obliczenie zapotrzebowania na energię dla budynku z systemem BAC w klasie C, oszacujemy zapotrzebowanie na energię w przypadku zastosowania w tym budynku systemu BAC o funkcjonalności właściwej dla klasy B.

Tablica 14. Przykład zastosowania metody współczynników efektywności systemu BAC

Założenia: budynek biurowy, dysponujemy oszacowaniem zapotrzebowania na energię ciepłą i elektryczną dla budynku referencyjnego wyposażonego w system BAC z funkcjonalnością w klasie C wpływu na efektywność energetyczną budynku. Zadanie: obliczamy zapotrzebowanie na energię ciepłą i elektryczną dla tego budynku w przypadku zastosowania systemu BAC z funkcjonalnością w klasie B wpływu na efektywność energetyczną.

Opis	Nr	Obliczanie	Jednostki	Ogrzewanie	Chłodzenie	Wentylacja	Oświetlenie
Obliczenia dla energii cieplnej							
Oszacowane zapotrzebowanie na energię ciepłą przy BACS w klasie C	1		kWh/okres	100	100		
Oszacowane straty energii cieplnej przy BACS w klasie C	2		kWh/okres	33	28		
Oszacowane łączne zużycie energii cieplnej przy BACS w klasie C	3	$\sum 1+2$	kWh/okres	133	128		
Współczynnik BACS $f_{BACS,th,ref}$ dla systemu w klasie C	4			1	1		
Współczynnik BACS $f_{BACS,th}$ dla systemu w klasie B	5	Tablica 5 Wiersz Biura Kolumna B		0,80	0,80		
Oszacowane zużycie energii cieplnej dla budynku z systemem BACS w klasie B	6	$3 \times \frac{5}{4}$	kWh/okres	106	102		
W celu zakończenia procesu obliczania zapotrzebowania na energię ciepłą dla budynku z systemem BACS w klasie B należy rozdzielić zapotrzebowanie na poszczególne nośniki energii cieplnej (o ile taki problem występuje).							
Obliczenia dla energii elektrycznej							
Zapotrzebowanie na pomocniczą energię elektryczną przy BACS w klasie C	7a		kWh/okres	14	12	21	
Zapotrzebowanie na energię elektryczną do oświetlenia przy BACS w klasie C	7b						34
Współczynnik BACS $f_{BACS,el,ref}$ dla systemu w klasie C	8			1	1	1	1
Współczynnik BACS $f_{BACS,e}$ dla systemu w klasie B	9	Tablica 7 Wiersz Biura Kolumna B		0,93	0,93	0,93	0,93
Oszacowane zapotrzebowanie na energię elektryczną do oświetlenia i pomocniczą dla budynku z systemem BACS w klasie B	10	$7 \times \frac{9}{8}$	kWh/okres	13	11	20	32

Jak widać z przedstawionego przykładu, zaprezentowana metoda współczynników efektywności BACS jest łatwa w użyciu o tyle, o ile potrafimy oszacować zapotrzebowanie na energię dla budynku referencyjnego z systemem BAC w klasie efektywności C. Trzeba pamiętać, że współczynniki efektywności zawarte w tabelach zostały obliczone metodami symulacyjnymi dla ściśle określonych, schematycznych profili użytkowania, szczegółowo opisanych w dodatkach do normy. Jeżeli profil użytkowania rzeczywistego budynku odbiega od profili przyjętych w normie, to zastosowanie metody współczynników efektywności może nie być wystarczająco dokładne. W takim przypadku konieczne jest zastosowanie

szczegółowych metod obliczeniowych oceny wpływu systemów BACS i TBM na efektywność energetyczną budynków. Metody te będą przedmiotem kolejnej części artykułu.

Literatura: Norma EN 15232:2012 Energy performance of buildings – Impact of Building Automation, Control and Building Management

Opracowanie: Paweł Kwasnowski
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie,
e-mail: kwasn@agh.edu.pl
ZDANIA sp. z o.o., e-mail: p.kwasnowski@zдания.com.pl

Tradycja i Nowość

Systemy Automatyki Budynków w Nowym
Transfer Technologii z AGH

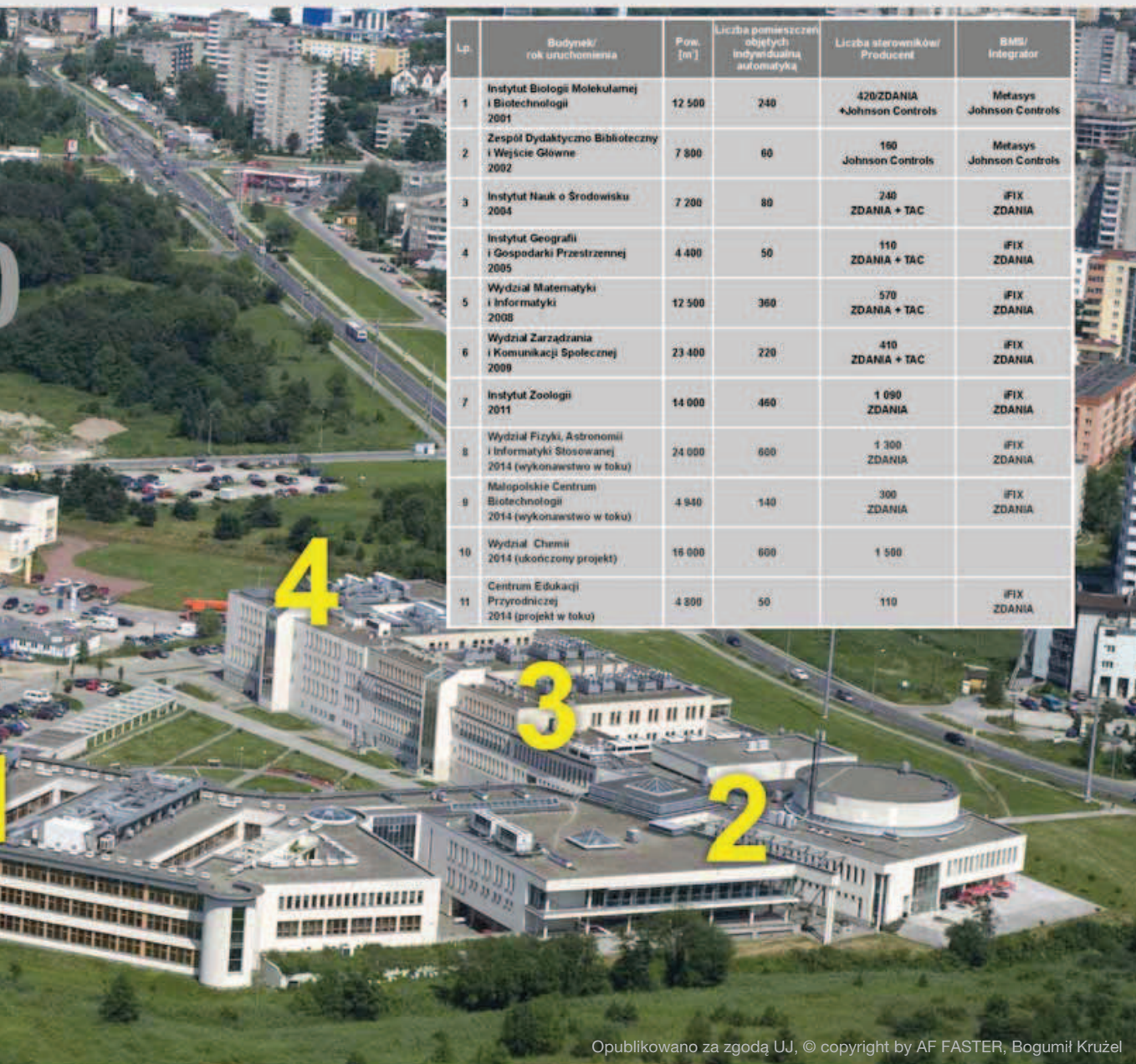


 **ZDANIA** 

ul. Królowej Jadwigi 268
PL 30-218 Kraków
Tel.: +48 12 638-05-67
Tel./Fax: +48 12 638-05-77
www.zdania.com.pl
biuro@zdania.com.pl

Współczesność

na Kampusie Uniwersytetu Jagiellońskiego
realizowane do UJ przez ZDANIA (SME)



Lp.	Budynek/ rok uruchomienia	Pow. [m ²]	Liczba pomieszczeń objętych indywidualną automatyką	Liczba sterowników/ Producent	BMS/ Integrator
1	Instytut Biologii Molekularnej i Biotechnologii 2001	12 500	240	420/ZDANIA Johnson Controls	Metasys Johnson Controls
2	Zespół Dydaktyczno Biblioteczny i Wejście Główne 2002	7 800	60	150 Johnson Controls	Metasys Johnson Controls
3	Instytut Nauk o Środowisku 2004	7 200	80	240 ZDANIA + TAC	iFIX ZDANIA
4	Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej 2005	4 400	50	110 ZDANIA + TAC	iFIX ZDANIA
5	Wydział Matematyki i Informatyki 2008	12 500	360	570 ZDANIA + TAC	iFIX ZDANIA
6	Wydział Zarządzania i Komunikacji Społecznej 2009	23 400	220	410 ZDANIA + TAC	iFIX ZDANIA
7	Instytut Zoologii 2011	14 000	460	1 090 ZDANIA	iFIX ZDANIA
8	Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej 2014 (wykonawstwo w toku)	24 000	600	1 300 ZDANIA	iFIX ZDANIA
9	Małopolskie Centrum Biotechnologii 2014 (wykonawstwo w toku)	4 940	140	300 ZDANIA	iFIX ZDANIA
10	Wydział Chemii 2014 (ukończony projekt)	16 000	600	1 500	
11	Centrum Edukacji Przyrodniczej 2014 (projekt w toku)	4 800	50	110	iFIX ZDANIA

Opublikowano za zgodą UJ, © copyright by AF FASTER, Bogumił Krużel

ZINTEGROWANE SYSTEMY AUTOMATYKI, BEZPIECZEŃSTWA I ZARZĄDZANIA BUDYNKÓW
EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA ZGODNIE Z NORMĄ PN-EN 15232:2012
MODUŁY WEJŚĆ WYJŚĆ W STANDARDACH PN-EN 14908 (LON), PN-EN 16484 (BACnet), Modbus-RTU
SPECJALIZOWANE STEROWNIKI OBIEKTOWE AUTOMATYKI POMIESZCZEŃ, OŚWIETLENIA, WENTYLACJI
I KONTROLI DOSTĘPU