



Rekomendacje dotyczące monitoringu efektywności energetycznej budynków

Politechnika Śląska
Gliwice, Grudzień 2022

Tytuł: *Rekomendacje dotyczące monitoringu efektywności energetycznej budynków*



Opracowanie merytoryczne:
Prof. dr hab. inż. Andrzej Szlęk
Dr inż. Michał Chabiński
Dr inż. Maria Gracka
Katedra Techniki Ciepłej
Politechnika Śląska

Broszura przygotowana przez Politechnikę Śląską w ramach projektu zintegrowanego LIFE „*Śląskie. Przywracamy błękit*”. *Kompleksowa realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego* realizowanego przy dofinansowaniu z Programu LIFE Unii Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
LIFE20 IPE/PL/000007 - LIFE-IP AQP-SILESIA-SKY

Wyłączną odpowiedzialność za treść publikacji ponoszą autorzy. Informacje zawarte w niniejszej broszurze niekoniecznie odzwierciedlają stanowisko lub opinie Komisji Europejskiej, która nie odpowiada za skutki związane z użyciem informacji w niej zawartych.

Spis treści

1. WPROWADZENIE	3
2. IDENTYFIKACJA ZAPOTRZEBOWANIA NA CZUJNIKI ORAZ CHARAKTERYSTYKA POMIARU.....	3
3. WYTYCZNE MONITORINGU BUDYNKÓW	5
3.1. WARUNKI ATMOSFERYCZNE.....	5
3.2. KOMFORT W POMIESZCZENIACH	5
3.3. INTENSYWNOŚĆ UŻYTKOWANIA	6
3.4. ZUŻYCIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ	6
3.5. ZUŻYCIE CIEPŁA GRZEWCZEGO	6
3.6. ZUŻYCIE GAZU W URZĄDZENIACH INNYCH NIŻ KOCIOŁ.....	7
3.7. PRZESYŁ DANYCH POMIAROWYCH	7
3.8. DŁUGOŚĆ TRWANIA POMIARÓW	7
4. ZESTAWIENIE RODZAJU I ILOŚCI CZUJNIKÓW POMIAROWYCH	7
5. MODERNIZACJA WYBRANYCH BUDYNKÓW.....	13

1. Wprowadzenie

Województwo Śląskie jako Beneficjent Koordynujący realizuje projekt zintegrowany LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit”. Działania projektowe prowadzone są we współpracy z ponad 80 partnerami, do których zaliczają się m.in. Politechnika Śląska oraz gminy województwa śląskiego.

Nadrzędnym celem projektu jest sprawna i efektywna realizacja Programu ochrony powietrza dla województwa śląskiego tj. opracowanie i wdrożenie działań naprawczych, których realizacja doprowadzi do poprawy jakości powietrza, co z kolei spowoduje ograniczenie niekorzystnego wpływu zanieczyszczeń na zdrowie i życie mieszkańców województwa śląskiego.

W ramach realizowanego przez Politechnikę Śląską wraz z Województwem Śląskim działania projektowego C.3, wypracowane mają zostać modele zrównoważonego budownictwa dla budynków użyteczności publicznej. Modele zrównoważonego budownictwa pozwolą wskazać optymalne rozwiązania organizacyjne, prawne i inwestycyjne dla poprawy efektywności energetycznej, będąc jednocześnie krokiem w kierunku gospodarki neutralnej dla klimatu [1].

Działaniem poprzedzającym opracowanie tychże modeli jest przeprowadzenie monitoringu efektywności energetycznej polegającego na montażu czujników i monitorowaniu poboru energii w budynku.

W ramach projektu LIFE „Śląskie. Przywracamy błękit” monitoringiem efektywności energetycznej objętych zostanie 27 obiektów kultury, edukacji i administracji z terenu województwa śląskiego, natomiast w 5 budynkach przeprowadzona zostanie modernizacja mająca na celu wdrożenie modeli zrównoważonego budownictwa.

Celem niniejszego poradnika jest analiza działań monitorujących, które winny poprzedzać realizację prac termomodernizacyjnych i remontowych. Opisany monitoring efektywności energetycznej pozwala na dokładną identyfikację charakterystyki cieplnej budynków, co w dalszej perspektywie przekłada się na dokładniejsze zaplanowanie działań inwestycyjnych i remontowych prowadzących do osiągnięcia komfortu cieplnego w pomieszczeniach [2].

2. Identyfikacja zapotrzebowania na czujniki oraz charakterystyka pomiaru

W tabeli 2.1 przedstawiono wykaz proponowanych czujników, których montaż rekomenduje się wyprzedzająco przed planowanymi pracami termomodernizacyjnymi budynków [3].

Tab 2.1 Rodzaj czujnika i charakterystyka pomiaru

Rodzaj czujnika	Charakterystyka pomiaru
czujnik temperatury zewnętrznej	minimalny zakres pomiarowy od -30 °C; zapis danych w systemie w odstępach jednodominutowych
czujnik prędkości wiatru	minimalny zakres pomiarowy od 0 m/s do 30 m/s – jednostka zapisu m/s; zapis danych w systemie w odstępach jednodominutowych
czujnik nasłonecznienia	minimalny zakres spektralny od 400 do 1400 nm, minimalny zakres pomiarowy natężenia promieniowania 0 - 1500 W/m ² – jednostka zapisu danych W/m ² ; zapis danych w systemie w odstępach jednodominutowych;
czujnik temperatury wewnętrznej	minimalny zakres pomiarowy od -10 °C; do +50 °C – jednostka zapisu °C; zapis danych w systemie w odstępach jednodominutowych;
czujnik stężenia CO ₂ w pomieszczeniach	minimalny zakres pomiarowy od 0 do 5000 ppm – jednostka zapisu ppm; zapis danych w systemie w odstępach jednodominutowych;
licznik otwierania drzwi i czasu otwarcia /zamknięcia	minimalny zakres danych: drzwi otwarte/drzwi zamknięte/godzina; pomiar w odstępie sekundowym, zapis danych co 1 minutę;
licznik zużycia energii elektrycznej (klimatyzatory)	jednostka zapisu: kWh; zapis danych w systemie w odstępach jednodominutowych (moc czynna i bierna);
licznik zużycia energii elektrycznej (bojlery, podgrzewacze c.w.u itp.)	jednostka zapisu: kWh; zapis danych w systemie w odstępach jednodominutowych;
licznik zużycia energii elektrycznej dla innych urządzeń (wyparzynki, piece, wentylatory itp.) – 20 sztuk -	jednostka zapisu: kWh; zapis danych w systemie w odstępach jednodominutowych (moc czynna i bierna);
licznik sumarycznego zużycia energii elektrycznej w budynku	jednostka zapisu: kWh; zapis danych w systemie w odstępach jednodominutowych (moc czynna i bierna);
licznik ilości energii elektrycznej wytwarzanej przez panele PV	jednostka zapisu: kWh.; zapis danych w systemie w odstępach jednodominutowych;
licznik zużycia gazu (głównie kuchnie gazowe, nagrzewnice itp.)	jednostka zapisu: m ³ ; zapis danych w systemie w odstępach jednodominutowych;
licznik ciepła na potrzeby centralnego ogrzewania	pomiar przepływu wody (m ³ /h) oraz temperatur wody powrotnej i zasilającej układ C.O.; zapis danych w systemie w odstępach jednodominutowych;
licznik ciepła na potrzeby ciepłej wody użytkowej	jednostka zapisu GJ; zapis danych w systemie w odstępach jednodominutowych;

licznik ciepła wytwarzanego przez panele solarne	jednostka zapisu GJ; zapis danych w systemie w odstępach jednonominutowych;
--	---

3. Wytyczne monitoringu budynków

Zużycie energii na cele grzewcze budynków uzależnione jest od wielu czynników takich jak konstrukcja i stan przegród budowlanych, intensywność użytkowania, efektywność użytkowania, warunki pogodowe oraz zyski wewnętrzne. Dokładne określenie tych wielkości, szczególnie w budynkach użytkowanych od wielu lat możliwe jest wyłącznie na drodze pomiarowej. Do identyfikacji cieplnej budynków konieczny jest pomiar wszystkich wymienionych wyżej czynników [4].

3.1. Warunki atmosferyczne

Na wielkość strumieni energii wymienianych między budynkiem a otoczeniem konieczny jest pomiar warunków atmosferycznych takich jak strumień promieniowania słonecznego, temperatura powietrza oraz prędkość wiatru. Wszystkie te parametry mogą być mierzone za pomocą stacji pogodowej.

3.2. Komfort w pomieszczeniach

Na komfort pracy w pomieszczeniach składa się temperatura, wilgotność oraz stężenie dwutlenku węgla. Pomiar temperatury w pomieszczeniach konieczny jest do weryfikacji czy wymagana temperatura jest osiągnięta czy może występują niedogrzańca, względnie przegrzańca. W przypadku stwierdzenia przegrzańca lub niedogrzańca można określić o ile mniejsze lub większe będzie zużycie energii w przypadku temperatury prawidłowej. Pomiar stężenia dwutlenku węgla w podobny sposób pozwala weryfikować właściwe działania wentylacji pomieszczeń. Zbyt wysokie stężenie dwutlenku węgla świadczy o zbyt niskiej krotności wentylacji. Wilgotność zdecydowano się pominąć, gdyż jej określenie wymagałoby bilansowania masowego wody, co wobec akumulacyjności ścian jest obarczone bardzo dużymi niepewnościami, a dodatkowo wilgotność nie ma dużego wpływu na wielkości zużycia energii do celów grzewczych. Wewnątrz każdego budynku w pomieszczeniach reprezentatywnych (w przypadku budynków szkolnictwa np. klasy, sala gimnastyczne, dla budynków administracyjnych lub o funkcji kulturowej np. biura, pomieszczenia często użytkowane) należy zatem monitorować poziom stężenia dwutlenku węgla oraz temperaturę.

Ilość wybranych pomieszczeń powinna być zależna od kubatury budynku i charakteru użytkowania pomieszczeń.

3.3. Intensywność użytkowania

Intensywność użytkowania jest czynnikiem trudnym do jednoznacznego zdefiniowania, a tym bardziej do określenia jego wpływu na wielkość zużycia energii. Przykładowo czas otwarcia drzwi ma wpływ na ilość powietrza dopływającego do budynku, a tym samym zużycia ciepła na potrzeby wentylacji, lecz charakter tej zależności jest praktycznie niemożliwy do określenia. Podobnie liczba osób przebywających w budynku ma wpływ na wielkość emitowanego dwutlenku węgla z procesów metabolicznych, ale każdy człowiek emituje inną ilość dwutlenku węgla zależnie od swojej masy, a także charakteru pracy. Niemniej jednak intensywność użytkowania powinna być mierzona dla określenia na przykład możliwości ograniczenia intensywności wentylacji w okresach, w których budynek nie jest eksploatowany (na przykład noce oraz weekendy w przypadku budynków administracyjnych). Do określenia intensywności eksploatacji proponuje się pomiar czasu otwarcia drzwi.

3.4. Zużycie energii elektrycznej

Energia elektryczna ma dominujący wpływ na wielkość zysków energii, tym samym pomniejszając zapotrzebowanie na ciepło grzewcze. Energia elektryczna zużywana jest w budynkach do celów oświetlenia oraz zasilania urządzeń takich jak komputery, drukarki, kopiarki czy urządzenia służące celom socjalnym. Energia elektryczna w tych urządzeniach zamieniana jest na ciepło, które przekazywane jest do pomieszczeń, zmniejszając tym samym zapotrzebowanie na ciepło grzewcze. W niektórych urządzeniach jednak zużycie energii elektrycznej nie jest równe ilości ciepła wydzielanego przez te urządzenia. Na przykład klimatyzatory użytkowane w okresie przejściowym do celów grzewczych działają jak pompy ciepła, a ilość ciepła dostarczanego przez pompę ciepła jest znacząco wyższa od zużycia energii elektrycznej do jej napędu. Z kolei w przypadku występowania elektrycznych podgrzewaczy wody zużywana energia elektryczna nie jest przekazywana do pomieszczeń, lecz przekazywana do wody użytkowej, a następnie wydalana z budynku w postaci ścieków. Dodatkowo, jeżeli w budynku występują własne źródła energii elektrycznej takie jak panele fotowoltaiczne istnieje konieczność określenia ilości energii produkowanej przez te panele. W związku z powyższym w budynku konieczny jest pomiar wszystkich strumieni energii elektrycznej zasilających budynek oraz wszystkich strumieni, które nie zamieniają się w całości na ciepło.

3.5. Zużycie ciepła grzewczego

Ciepło grzewcze dostarczane jest do instalacji grzewczej budynku może pochodzić z miejskiej sieci ciepłowniczej, kotła gazowego, kotła olejowego, pompy ciepła lub kotła na paliwa stałe. Ze względu na to, że celem monitoringu jest identyfikacja ciepła budynku, a nie identyfikacja źródła ciepła, konieczny jest pomiar ilości ciepła dostarczanego do budynku. W przypadku kotła powinno się mierzyć ilość ciepła produkowanego przez kocioł a nie wielkość zużycia paliwa, ponieważ zużycia paliwa zależy nie tylko od stanu cieplnego budynku, ale także od sprawności kotła. Dodatkowo należy zauważyć, że część ciepła dostarczanego do budynku zużywana może być na cele podgrzania ciepłej wody

użytkowej. Konieczne jest zatem zainstalowanie licznika energii cieplnej dostarczanej do instalacji grzewczej oraz dostarczanej do celów podgrzania wody użytkowej. Dodatkowo należy zauważyć, że w przypadku występowania kolektorów cieplnych część ciepła pozyskiwana może być z tych urządzeń. Co prawda kolektory słoneczne służą zazwyczaj do przygotowania ciepłej wody użytkowej, której zużycie nie należy do charakterystyki cieplnej budynku, ale pomiar ciepła produkowanego przez kolektory jest istotny dla późniejszych rozważań dotyczących możliwości wykorzystania tego ciepła także do celów grzewczych.

3.6. Zużycie gazu w urządzeniach innych niż kocioł

Gaz zużywany w urządzeniach innych niż kocioł (np. do kuchni) jest źródłem ciepła mającego charakter zysku cieplnego, a więc pomniejszającego zużycie ciepła grzewczego. Jest to zysk trudny do dokładnego pomiaru, bo duża część energii chemicznej gazu opuszcza pomieszczenia w postaci spalin powstałych ze spalania, a ewakuowanych systemem wentylacji naturalnej bądź wyciągu. Niemniej jednak zdecydowano się na pomiar zużycia gazu w tego typu urządzeniach, bo lepiej jest znać przybliżoną wartość zysku ciepła niż nie znać jej w ogóle. Ze względu na uwarunkowania prawne ograniczające możliwość ingerencji w instalację gazową planować można odczyt stanu licznika przez kamerę pozwalającą na identyfikację i cyfryzację odczytu. W ten sposób zużycie gazu może być mierzone bez konieczności ingerencji w instalację gazową.

3.7. Przesył danych pomiarowych

Pomiary powinny być wykonywane i automatycznie zapisywane w celu zapewnienia ciągłego strumienia przesyłu danych. Urządzenia pomiarowe muszą mieć możliwość podłączenia do sieci bezprzewodowej (WiFi) lub innej przewodowej tak, by mogły komunikować się z serwerem, na którym zapisywane i przechowywane będą dane. Z tego powodu może wystąpić konieczność montażu dodatkowego routera lub np. dołączenia do istniejącej sieci wzmacniacza sygnału WiFi w przypadku słabego zasięgu w obszarach budynku w których prowadzone są pomiary. W przypadku braku sieci internetowej w budynku konieczne może być wykorzystanie routera LTE lub 5G, który pozwoli na przekazywanie danych do sieci zewnętrznej.

3.8. Długość trwania pomiarów

Zaleca się, by monitoring zużycia energii prowadzony był przez okres 12 miesięcy (zima, wiosna, lato, jesień) tak, by określić zachowanie cieplne budynku zarówno w sezonie grzewczym jak i w sezonie, w którym wykorzystywana może być klimatyzacja.

4. Zestawienie rodzaju i ilości czujników pomiarowych

W tabeli 4.1 przedstawiono przykładowe zestawienie dotyczące sugerowanych rodzajów oraz liczby czujników pomiarowych. W zestawieniu została podana sumaryczna ilość koniecznych liczników energii elektrycznej dla danego budynku (np. zużycie wynikające z wykorzystania klimatyzatorów, nagrzewnic, wentylacji mechanicznej, zużycie sumaryczne w całym budynku oraz innych przyrządów pomiarowych).

Tab 4.1 Zestawienie rodzaju i ilości czujników pomiarowych

L.p.	Rodzaj budynku	Powierzchnia, m ²	Rodzaj obecnego systemu grzewczego	Liczba przyrządów pomiarowych
1.	Administracja publiczna	284,45	kocioł olejowy	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 4 Czujnik CO ₂ : 4 Licznik otwierania drzwi: 2 Licznik energii elektrycznej: 5 Licznik ciepła C.O.:1 Licznik ciepła C.W.U.: 1
2	Administracja publiczna	45000,00	ciepło sieciowe	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 10 Czujnik CO ₂ : 10 Licznik otwierania drzwi: 3 Licznik energii elektrycznej: 12 Licznik ciepła C.O.:1 Licznik ciepła C.W.U.: 1
3	Administracja publiczna	2911,00	kocioł gazowy	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 3 Czujnik CO ₂ : 3 Licznik otwierania drzwi: 1 Licznik energii elektrycznej: 37 Licznik ciepła C.O.: 1 Licznik ciepła C.W.U.: 2
4	Administracja publiczna	650,90	kocioł gazowy	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 3 Czujnik CO ₂ : 3 Licznik otwierania drzwi: 2 Licznik energii elektrycznej: 15 Licznik ciepła C.O.: 1 Licznik ciepła C.W.U.: 1

L.p.	Rodzaj budynku	Powierzchnia, m ²	Rodzaj obecnego systemu grzewczego	Liczba przyrządów pomiarowych
5	Administracja publiczna	405,56	kocioł gazowy	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 2 Czujnik CO ₂ : 2 Licznik otwierania drzwi: 2 Licznik energii elektrycznej: 1 Licznik ciepła C.O.: 1 Licznik ciepła C.W.U.: 1
6	Administracja publiczna	93,18	kocioł gazowy	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 1 Czujnik CO ₂ : 1 Licznik otwierania drzwi: 2 Licznik energii elektrycznej: 4 Licznik ciepła C.O.: 1 Licznik ciepła C.W.U.: 1
7	Dom kultury	1765,89	kocioł gazowy ciepło sieciowe	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 3 Czujnik CO ₂ : 3 Licznik otwierania drzwi: 3 Licznik energii elektrycznej: 5 Licznik ciepła C.O.: 1
8	Ośrodek kultury	1000,00	kocioł gazowy	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 1 Czujnik CO ₂ : 1 Licznik otwierania drzwi: 1 Licznik energii elektrycznej: 2 Licznik ciepła C.O.: 2 Licznik ciepła C.W.U.: 2
9	Ośrodek kultury	459,37	kocioł gazowy	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 2 Czujnik CO ₂ : 2 Licznik otwierania drzwi: 1 Licznik energii elektrycznej: 6 Licznik ciepła C.O.: 2 Licznik ciepła C.W.U.: 2

L.p.	Rodzaj budynku	Powierzchnia, m ²	Rodzaj obecnego systemu grzewczego	Liczba przyrządów pomiarowych
10	Dom kultury	462,00	ciepło sieciowe	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 3 Czujnik CO ₂ : 2 Licznik otwierania drzwi: 3 Licznik energii elektrycznej: 5 Licznik ciepła C.O.: 1
11	Budynek wielofunkcyjny	1265,00	kocioł węglowy	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 4 Czujnik CO ₂ : 4 Licznik otwierania drzwi: 2 Licznik energii elektrycznej: 10 Licznik ciepła C.O.: 1
12	Ośrodek kultury	1095,00	kocioł gazowy, panele fotowoltaiczne	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 3 Czujnik CO ₂ : 3 Licznik otwierania drzwi: 2 Licznik energii elektrycznej: 2 Licznik ciepła C.O.: 1 Licznik ciepła C.W.U.: 1 Licznik energii elektrycznej z paneli PV: 1 Licznik zużycia gazu: 1
13	Szkoła	3157,00	ciepło sieciowe	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 5 Czujnik CO ₂ : 5 Licznik otwierania drzwi: 3 Licznik energii elektrycznej: 24 Licznik ciepła C.O.: 1
14	Przedszkole	610,00	kocioł gazowy	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 3 Czujnik CO ₂ : 2 Licznik otwierania drzwi: 2 Licznik energii elektrycznej: 2 Licznik ciepła C.O.: 1 Licznik ciepła C.W.U.: 1 Licznik zużycia gazu: 1

L.p.	Rodzaj budynku	Powierzchnia, m ²	Rodzaj obecnego systemu grzewczego	Liczba przyrządów pomiarowych
15	Przedszkole	330,01	ciepło sieciowe	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 2 Czujnik CO ₂ : 2 Licznik otwierania drzwi: 1 Licznik energii elektrycznej: 5 Licznik ciepła C.O.: 1 Licznik ciepła C.W.U.: 1
16	Szkoła	2301,10	ciepło sieciowe	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 6 Czujnik CO ₂ : 6 Licznik otwierania drzwi: 1 Licznik energii elektrycznej: 2 Licznik ciepła C.O.: 1 Licznik ciepła C.W.U.: 1
17	Przedszkole	735,02	ciepło sieciowe	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 4 Czujnik CO ₂ : 4 Licznik otwierania drzwi: 2 Licznik energii elektrycznej: 7 Licznik ciepła C.O.: 1 Licznik zużycia gazu: 6
18	Szkoła	2305,7	ciepło sieciowe	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 8 Czujnik CO ₂ : 8 Licznik otwierania drzwi: 3 Licznik energii elektrycznej: 6 Licznik ciepła C.O.: 1 Licznik ciepła C.W.U.: 1 Licznik zużycia gazu: 4
19	Szkoła	1967,00	kocioł olejowy	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 7 Czujnik CO ₂ : 7 Licznik otwierania drzwi: 3 Licznik energii elektrycznej: 19 Licznik ciepła C.O.: 1 Licznik ciepła C.W.U.: 1

L.p.	Rodzaj budynku	Powierzchnia, m ²	Rodzaj obecnego systemu grzewczego	Liczba przyrządów pomiarowych
				Licznik zużycia gazu: 2
20	Szkoła	2372,39	ciepło sieciowe	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 4 Czujnik CO ₂ : 4 Licznik otwierania drzwi: 4 Licznik energii elektrycznej: 17 Licznik ciepła C.O.: 1 Licznik zużycia gazu: 1
21	Przedszkole	373,00	kocioł gazowy	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 4 Czujnik CO ₂ : 4 Licznik otwierania drzwi: 2 Licznik energii elektrycznej: 1 Licznik ciepła C.O.: 1 Licznik ciepła C.W.U.: 1 Licznik zużycia gazu: 2
22	Administracja publiczna, ośrodek kultury	984,73	kocioł węglowy	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 4 Czujnik CO ₂ : 4 Licznik otwierania drzwi: 5 Licznik energii elektrycznej: 5 Licznik ciepła C.O.: 1 Licznik ciepła C.W.U.: 1
23	Administracja publiczna, ośrodek kultury	11530,00	kocioł gazowy, panele fotowoltaiczne	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 4 Czujnik CO ₂ : 4 Licznik otwierania drzwi: 4 Licznik energii elektrycznej: 1 Licznik ciepła C.O.: 2 Licznik ciepła C.W.U.: 1 Licznik energii elektrycznej z paneli PV: 1
24	Administracja publiczna, ośrodek kultury	1812,00	ciepło sieciowe	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 3

L.p.	Rodzaj budynku	Powierzchnia, m ²	Rodzaj obecnego systemu grzewczego	Liczba przyrządów pomiarowych
				Czujnik CO ₂ : 3 Licznik otwierania drzwi: 2 Licznik energii elektrycznej: 4 Licznik ciepła C.O.: 1 Licznik ciepła C.W.U.: 1
25	Administracja publiczna, ośrodek kultury	904,63	kocioł olejowy	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 4 Czujnik CO ₂ : 4 Licznik otwierania drzwi: 4 Licznik energii elektrycznej: 6 Licznik ciepła C.O.: 1
26	Administracja publiczna, oświata	809,34	ciepło sieciowe	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 3 Czujnik CO ₂ : 3 Licznik otwierania drzwi: 1 Licznik energii elektrycznej: 6 Licznik ciepła C.O.: 1 Licznik ciepła C.W.U.: 1
27	Administracja publiczna, ośrodek kultury	293,00	kocioł węglowy	Czujnik prędkości wiatru: 1 Czujnik nasłonecznienia: 1 Czujnik temp. zewnętrznej: 1 Czujnik temperatury wew.: 3 Czujnik CO ₂ : 3 Licznik otwierania drzwi: 2 Licznik energii elektrycznej: 4 Licznik ciepła C.O.: 1

5. Modernizacja budynków

Dane z monitoringu pozwalają na identyfikację cieplną budynków znacznie dokładniejszą niż jest to możliwe przy zastosowaniu metod obliczeniowych. Dla budynków poddanych monitoringowi może zostać przeprowadzona wielowariantowa analiza zastosowania różnych rozwiązań nowych systemów grzewczych dopasowanych do zidentyfikowanej charakterystyki budynków, a jednocześnie pozwalających na minimalizację oddziaływania środowiskowego budynków wyrażanego jako emisja substancji szkodliwych [5]. Zakłada się przy tym, że rozwiązania powinny wpisywać się w cel neutralności klimatycznej, jaki Unia Europejska chce osiągnąć w roku 2050. W szczególności:

- Dla budynków, które w ciepło zasilane są z lokalnych kotłów węglowych, olejowych lub gazowych proponuje się wymianę źródeł zasilania na spełniające wymagania

zerowej emisji CO₂. Źródłem zasilania może w takim przypadku być, w zależności od lokalizacji budynku, pompa ciepła lub sieć ciepłownicza.

- Zaleca się przeanalizowane wykonania lub polepszenia izolacji cieplnej budynków.
- Zaleca się przeanalizowane wykonania wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła wentylacji w rekuperatorach.
- Zaleca się przeanalizowane wykonania lub rozbudowa własnych źródeł ciepła takich jak kolektory cieplne oraz ogniwa fotowoltaiczne.
- Zaleca się przeanalizowane możliwości zainstalowania zasobników ciepła, które pozwalają na częściowe uniezależnienie wielkości chwilowego zużycia energii na cele grzewcze od warunków atmosferycznych. W ten sposób można na przykład produkować ciepło w okresie dnia, w którym panele fotowoltaiczne produkują energię elektryczną, ale zapotrzebowanie na ciepło grzewcze jest stosunkowo niskie, a wykorzystywać w okresie, w którym zapotrzebowanie na ciepło grzewcze jest wysokie, czyli w nocy.

Zakłada się, że korzyści wynikające z modernizacji wybranych budynków zostaną przeanalizowane zarówno z perspektywy budynku jak i z perspektywy krajowego systemu energetycznego. W przypadku zasobników ciepła budynek może pobierać energię elektryczną do napędu pomp ciepła wtedy, gdy w sieci występuje nadwyżka energii elektrycznej i jednocześnie magazynować to ciepło w zasobnikach, a następnie rozładowywać zasobniki w okresie, gdy w sieci występuje niedobór energii. W ten sposób zasobnik ciepła w budynku oddziałuje korzystnie na krajowy system energetyczny zmniejszając konieczność znacznie droższego magazynowania energii elektrycznej.

Bibliografia

1. Ziębik A, Stanek W, i Szega M, *Efektywność energetyczna i ekologiczna. Poradnik metodyczny w zakresie analiz termodynamicznych i termoeologicznych*, 2022, Politechnika Śląska, ISBN 978-83-7880-791-9
2. Pérez-Lombard L, Ortiz J, Pout C, *A review on buildings energy consumption information*, 2008, Energy and Buildings, V40 (3), p. 394-398
3. Petri I, Li H, Rezgui Y, Chunfeng Y, Yuce B, Jayan B, *A modular optimisation model for reducing energy consumption in large scale building facilities*, 2014, Renewable and Sustainable Energy Reviews, V38, p. 990-1002
4. Gielen D, Boshell F, Saygin D, Bazilian M. D, Wagner N, Gorini R, *The role of renewable energy in the global energy transformation*, Energy Strategy Reviews, 2019, V24, p. 38-50
5. Ringel G, Guedi Capeluto I, *An energetic profile for greener buildings*, 2020, Sustainable Cities and Society, V61, 102171



Województwo
Śląskie

