

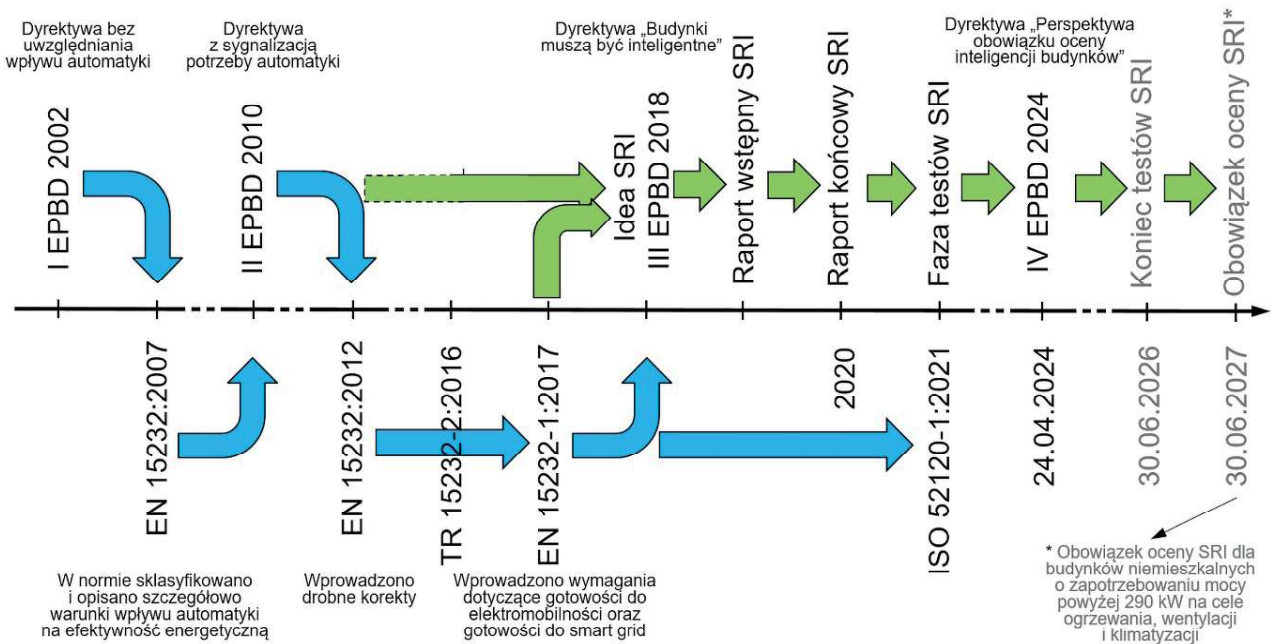
Metodyka ewaluacji wskaźnika gotowości budynków do inteligencji (SRI)

Abstrakt: W artykule omówiono metodykę ewaluacji wskaźnika gotowości budynków do inteligencji. Na tle krótkiej historii dyrektyw o charakterystyce energetycznej budynków (EPBD) wyjaśniono powody opracowania wskaźnika gotowości budynków do inteligencji (SRI) oraz omówiono cel jego zastosowania. Przedstawiono definicje wskaźnika SRI oraz inteligencji budynków. Wyjaśniono podstawowe pojęcia stosowane w metodyce ewaluacji wskaźnika. Szczegółowo omówiono osiem kroków składających się na proces ewaluacji. Wyjaśniono ideę i metodykę ewaluacji, a także cel każdego kroku i wynik ewaluacji. W podsumowaniu zwrócono uwagę, że metodyka ewaluacji wskaźnika gotowości budynków do inteligencji jest aktualnie w fazie testów w państwach członkowskich Unii Europejskiej. Wdrażanie obowiązku ewaluacji wybranych typów budynków pod kątem gotowości do inteligencji jest planowane po kolejnych decyzjach Parlamentu Europejskiego i Rady w drugiej połowie 2027 r.

Słowa kluczowe: EPBD, inteligentny budynek, SRI, wskaźnik gotowości budynku do inteligencji

Wprowadzenie

Jednym ze skutków ewolucji Dyrektywy w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (EPBD – *Energy Performance Buildings Directive*) Unii Europejskiej na przestrzeni lat 2002–2024 było stwierdzenie, że aby budynki mogły spełniać współczesne wyzwania w zakresie ambitnych celów klimatycznych, muszą być inteligentne („*buildings must be smart*”). Takie wymaganie wybrzmiało po raz pierwszy w dyrektywie z roku 2018 (Directive (EU) 2018/844), w której słowa *smart* w odniesieniu do budynków użyto dwadzieścia trzy razy. Proces tej ewolucji zilustrowano na Rys. 1.



Rys. 1. Ewolucja Dyrektywy EPBD w zakresie automatyki instalacji technicznych w latach 2002–2024

Mimo upływu 14 lat od wprowadzenia pierwszej dyrektywy EPBD 2002 (w artykule przyjęto, że kolejne wersje dyrektywy EPBD będą oznaczane skrótem i rokiem uchwalenia dokumentu) i 6 lat od wprowadzenia przekształconej dyrektywy EPBD 2010, w 2016 r. budynki w Unii Europejskiej nadal zużywały 40% całej produkowanej energii oraz generowały ok. 35% gazów cieplarnianych. Remedium na tę sytuację była inicjatywa Czysta energia dla Europejczyków [*Clean Energy for All Europeans*] (COM(2016)860) przedstawiona przez Komisję Europejską w listopadzie 2016 r. W dokumencie przedstawiono plan następujących działań (cele), które powinny doprowadzić do zmiany sytuacji.

- **Postawienie na efektywność energetyczną** (*Putting energy efficiency first*).
- **Osiągnięcie światowego prowadzenia w energii odnawialnej** (*Achieving global leadership in renewable energies*).
- **Zapewnienie uczciwych warunków dla konsumentów** (*Providing a fair deal for consumers*) (COM(2016)860).

W zakresie pierwszego celu postawiono m.in. na zwiększenie efektywności energetycznej do poziomu budynków o prawie zerowym zapotrzebowaniu na energię (*near-zero energy buildings*) poprzez renowacje i stosowanie odnawialnych źródeł energii. Prowadzone wcześniej przez Building Performance Institute Europe (BPIE) i innych badania i analizy wykazały, że **drogą do uzyskania wysokiej efektywności energetycznej budynków jest elastyczność energetyczna oparta na trzech filarach: odnawialnych źródłach energii, magazynowaniu energii oraz dostosowywaniu zapotrzebowania na energię do jej dostępnych zasobów** (De Groot 2016). Narzędziem do realizacji tego założenia jest maksymalne wykorzystanie nowoczesnych technologii pozwalających na współdziałanie instalacji technicznych budynków pod kątem precyzyjnego sterowania zużyciem energii. Prace analityczne nad zdefiniowaniem możliwości oceny właściwości budynków w tym zakresie rozpoczęły się na zlecenie Komisji Europejskiej w 2016 r. (Verbeke et al. 2018).

Koncepcje te znalazły swoje odzwierciedlenie w kolejnym przekształceniu dyrektywy EPBD w 2018 r. W dokumencie zawarto wprost stwierdzenie, że budynki muszą być inteligentne (*smart*), a inteligencję budynku (*smartness of a building*) trzeba precyzyjnie zmierzyć. Miarą inteligencji budynku jest wskaźnik gotowości budynku do inteligencji SRI (*smart readiness indicator*), który w procentach określa, na ile budynek spełnia stawiane przed nim wymagania.

Inteligencja budynków (*smartness of buildings*)

Inteligencja budynku jest rozumiana jako współdziałanie wszystkich instalacji technicznych w celu spełniania wymagań stawianych budynkom. Podstawę tej synergii muszą stanowić inteligentne rozwiązania i nowoczesne technologie. Poziom zastosowania w budynku takich rozwiązań określa się jako „gotowość do inteligencji” (*smart readiness*).

W aktualizacji dyrektywy z roku 2018 (Directive (EU) 2018/844) sformułowano szczegółowe wymagania stawiane współczesnym budynkom. Obejmują one siedem właściwości zgrupowanych w trzech wymienionych poniżej obszarach.

- 1) Oszczędne użytkowanie energii i wysoka pewność działania instalacji technicznych:
 - a) oszczędzanie wszelkich form energii i mediów,
 - b) pewność działania instalacji technicznych i zapobieganie awariom dzięki prognozowaniu możliwości wystąpienia uszkodzenia.
- 2) Odpowiadanie (reakcja) na potrzeby użytkowników w zakresie:
 - c) komfortu,
 - d) wygody użytkowania,
 - e) warunków zdrowotnych i dobrego samopoczucia użytkowników,
 - f) informacji dla użytkowników (np. o kosztach użytkowania przy określonych parametrach komfortu).
- 3) Odpowiadanie (reakcja) na możliwości energetycznych sieci zasilających:

- g) elastyczność w zakresie zasilania w energię, zdolność magazynowania energii, zdolność dostarczania energii do sieci, zdolność ograniczenia zużycia energii.

W celu oceny spełniania przez budynki powyższych wymagań, w dyrektywie EPBD z 2018 r. zdefiniowano założenia do wskaźnika, którego zadaniem jest jednoznaczne określenie stopnia całkowitego spełniania przez budynki tych wymagań, a także stopnia spełniania każdego indywidualnego wymagania w każdym obszarze. Wynik oceny nazwano „wskaźnikiem gotowości (budynku) do inteligencji” (*smart readiness indicator*) (Directive (EU) 2018/844). Definicję wskaźnika SRI przedstawiono na Rys. 2.

Wskaźnika gotowości (budynku) do inteligencji

(*smart readiness indicator*) należy używać do:

1. pomiaru zdolności budynków do stosowania:
 - technologii informatycznych i komunikacyjnych (wymiany informacji) oraz
 - systemów elektronicznych,
2. w celu dostosowania działania budynków do potrzeb:
 - użytkowników i
 - sieci zasilających,
3. aby poprawić:
 - efektywność energetyczną i
 - ogólną wydajność budynków.

Rys. 2. Definicja wskaźnika gotowości budynku do inteligencji (EPBD 2018 – tłum. własne autora).

Pojęcie **inteligencji budynku** (*smartness of a building*) zdefiniowano precyzyjnie w dokumencie *Final Report on the Technical Support to the Development of a Smart Readiness Indicator for Buildings* [Raport końcowy na temat wsparcia technicznego dla opracowania wskaźnika gotowości budynków do inteligencji] (w dalszej części artykułu i ER12 określany skrótowo jako *Raport końcowy...*) (Verbeke et al. 2020: 35). Przedstawiono tam także wyniki badań przeprowadzonych w celu opracowania metodyki wyznaczania wskaźnika SRI oraz samą metodykę oceny SRI. Ze względu na znaczenie tej definicji przywołano ją na Rys. 3.

Głównym celem zastosowania wskaźnika SRI jest stymulacja upowszechnienia bardziej inteligentnych

i efektywnych energetycznie budynków, które będą spełniać przedstawione powyżej oczekiwania. Założeniem nadrzędnym jest konieczność przyczynienia się budynków do ograniczenia emisji CO₂ i innych gazów cieplarnianych. Jako miernik mocnych i słabych właściwości obiektów istniejących lub dopiero budowanych wskaźnik ma być ważnym narzędziem do przeprowadzenia modernizacji zasobów budowlanych Unii Europejskiej w ramach programu „Fala renowacji”, a także do projektowania nowych budynków, które będą spełniać współczesne wymagania.

Inteligencja budynku to zdolność budynku lub jego systemów do:

1. wykrywania oraz interpretowania zdarzeń i sytuacji, a także komunikowania się (wymiany informacji)
- i
2. aktywnego reagowania w efektywny sposób na zmieniające się warunki, w odniesieniu do:
 - działania systemów technicznych budynku, i/lub
 - środowiska zewnętrznego (w tym sieci energetycznych) oraz
 - wymagań użytkowników budynku.

Rys. 3. Definicja inteligencji budynku na podstawie Verbeke et al. 2020: 35 (tłum. własne autora).

Metodyka ewaluacji wskaźnika SRI – wyjaśnienie pojęć

Ewaluacja wskaźnika gotowości budynku do inteligencji (SRI) polega na wielokryterialnej ocenie wpływu wszystkich instalacji technicznych występujących w budynku i ich szczegółowych funkcjonalności na spełnianie przez budynek przedstawionych powyżej oczekiwań dzięki wykorzystaniu inteligentnych rozwiązań. W metodzie stosuje się dwustopniową agregację i obliczanie średniej ważonej. W pierwszej agregacji, pionowej, ocenie podlega oddziaływanie instalacji technicznych na **kryteria wpływu**, czyli spełnianie przez budynek współczesnych oczekiwań. W drugiej agregacji, poziomej, obliczana jest średnia ważona wyników kryteriów wpływu na całkowitą ocenę gotowości budynku do inteligencji. W każdej

z tych agregacji obok rutynowych działań polegających na obliczaniu sum ważonych mamy do czynienia z doborem współczynników wagowych do ustalenia wpływu poszczególnych składników na wynik, a w kroku pierwszym mamy dodatkowo do przeprowadzenia subiektywną ocenę (punktację) wpływu poszczególnych poziomów funkcjonalności instalacji technicznych na wyniki pośrednie. W celu uzyskania porównywalnych wyników stosuje się w tym przypadku macierz wpływu opracowaną przez twórców metodyki. W każdym kroku wyniki są normalizowane do poziomu, jaki byłby osiągnięty przy maksymalnych funkcjonalnościach instalacji technicznych.

Podstawowe pojęcia

Do podstawowych pojęć związanych z metodologią obliczania wskaźnika SRI zaliczamy:

- **kryteria wpływu** – kryteria oceny spełniania przez budynek wymagań zdefiniowanych w EPBD 2018 (patrz rozdział *Inteligencja budynków* oraz Tab. 1);
- **domeny techniczne** – określone (tematyczne) branżowe instalacje techniczne;
- **usługi techniczne** – różne warianty branżowych instalacji technicznych, które służą do realizacji określonych funkcjonalności w ramach danej branży;
- **poziomy funkcjonalności usług technicznych** – odzwierciedlają różne sposoby sterowania daną usługą (np. bez sterowania, sterowanie ręczne, lokalne sterowanie automatyczne, zdalne

zadawanie parametrów regulacji, sterowanie zależne od zapotrzebowania);

- **punkty wpływu** – służą do oceny znaczenia oddziaływania każdej usługi technicznej na każde kryterium wpływu;
- **współczynniki wagowe domen** – służą do ustalenia znaczenia (wagi) oddziaływania każdej domeny w całości na każde kryterium wpływu, czyli spełniania przez daną branżową instalację techniczną określonej wymaganej właściwości budynku; potrzebne przy agregacji pionowej;
- **współczynniki wagowe wpływu kryteriów oddziaływania** – służą do ustalenia znaczenia (wagi) każdego kryterium oceny (spełniania przez budynek określonej, wymaganej właściwości) przy obliczaniu wartości końcowej wskaźnika SRI.

Kryteria wpływu

Metodyka obliczania wskaźnika SRI polega na ocenie stopnia spełniania przez budynek stawianych przed nim oczekiwań (wymagań) w zakresie siedmiu właściwości omówionych we wprowadzeniu. Na bazie wymienionych cech zdefiniowano **kryteria wpływu**, które należy rozumieć jako kryteria oceny oddziaływania instalacji technicznych i funkcjonalności budynku na wymagane właściwości. Relacje pomiędzy oczekiwanymi właściwościami budynku a kryteriami wpływu zilustrowano w Tab. 1.

Tab. 1. Relacje pomiędzy oczekiwanymi właściwościami budynku a kryteriami wpływu

Poz.	Oczekiwana właściwość budynku wg EPBD 2018	Kryterium wpływu
Obszar: Budynek. Oszczędne użytkowanie energii i wysoka pewność działania instalacji technicznych		
1.	Oszczędzanie wszelkich form energii i mediów	Oszczędzanie energii
2.	Pewność działania instalacji technicznych i zapobieganie awariom dzięki prognozowaniu wystąpienia uszkodzenia	Obsługa i zapobieganie awariom
Obszar: Użytkownik. Odpowiadanie (reakcja) na potrzeby użytkowników		
3.	W zakresie komfortu	Komfort
4.	W zakresie wygody użytkowania	Wygoda
5.	W zakresie zapewnienia dobrych warunków zdrowotnych i dobrego samopoczucia	Zdrowie i dobre samopoczucie
6.	W zakresie informacji dla użytkownika, np. o kosztach użytkowania przy określonych parametrach komfortu	Informacje dla użytkownika
Obszar: Zasilanie. Odpowiadanie (reakcja) na możliwości energetyczne sieci zasilających		
7.	Elastyczność w zakresie zasilania: własne odnawialne źródła energii, zdolność do magazynowania, dostarczania do sieci i ograniczenia zużycia energii	Elastyczność energetyczna



Rys. 4. Piktogramy kryteriów wpływu w trzech obszarach

Zbiórce wyniki oddziaływania instalacji technicznych i funkcjonalności na właściwości składają się na końcową ocenę całego budynku, wyrażaną wskaźnikiem SRI. Symboliczną ilustrację kryteriów wpływu składających się na SRI przedstawiono na Rys. 4.

Wpływ na poszczególne właściwości budynku w wymienionych obszarach, a tym samym na powyższe kryteria wpływu, mają instalacje techniczne oraz sposoby ich działania wynikające wprost z zastosowanych metod sterowania tymi instalacjami.

Domeny techniczne

Wśród instalacji technicznych istotną rolę odgrywają tradycyjne instalacje służące do zapewnienia komfortu użytkownikom. Są one wyjątkowo energochłonne, ponieważ odpowiadają za zużycie różnych form energii w poszczególnych pomieszczeniach budynku. Lokalne sposoby sterowania tą emisją mają szczególne znaczenie dla efektywności energetycznej budynku. Do instalacji technicznych zapewnienia komfortu należą:

- instalacje związane z ogrzewaniem budynku,
- instalacje związane z chłodzeniem budynku,
- instalacje związane z zapewnieniem ciepłej wody użytkowej,
- instalacje związane z wymuszoną, sterowaną wentylacją mechaniczną budynku,
- instalacje związane z oświetleniem budynku,
- instalacje związane z przegrodami zewnętrznymi budynku, takimi jak: okna, osłony przeciwsłoneczne oraz coraz częściej spotykane ściany zewnętrzne o zmiennych parametrach izolacji cieplnej.

Drugą grupę instalacji technicznych stanowią te, które są związane z nowymi technologiami, a wśród nich takie jak:

- instalacje zasilania budynku w energię, w tym zasilanie zewnętrzne z inteligentnych sieci elektroenergetycznych (*smart grid*), zasilanie z własnych i lokalnych (w sąsiedztwie) odnawialnych źródeł energii, zdolność budynku do magazynowania energii oraz do ograniczania jej zużycia w uzasadnionych przypadkach,
- instalacje ładowania pojazdów elektrycznych,
- instalacje monitoringu i sterowania wszystkimi instalacjami technicznymi i funkcjonalnościami budynku.

Wymienione powyżej instalacje techniczne budynku w terminologii metodyki obliczania wskaźnika SRI noszą nazwę **domen technicznych** i dzielą się na następujące rodzaje:

- domena **ogrzewanie**,
- domena **chłodzenie**,
- domena **ciepła woda użytkowa**,
- domena **sterowana wentylacja**,
- domena **oświetlenie**,
- domena **dynamiczna powłoka budynku** (*dynamic building envelope*),
- domena **elektryczność**,
- domena **ładowanie pojazdów elektrycznych**,
- domena **monitoring i sterowanie**.

Symboliczną ilustrację domen technicznych budynku przedstawiono na Rys. 5.



Rys. 5. Piktogramy domen technicznych występujących w budynku

Usługi techniczne

W każdej branżowej instalacji technicznej (domenie) występuje wiele rodzajów instalacji odpowiedzialnych za różne funkcjonalności w budynku związane z daną branżą. W każdej branży można wyróżnić trzy obszary technologiczne: generację energii, jej dystrybucję oraz emisję. Różne funkcjonalności w ramach każdej branży noszą nazwę **usług technicznych** (*services*).

W metodyce obliczania wskaźnika SRI zdefiniowano konkretne usługi związane z poszczególnymi domenami technicznymi. W Tab. 2 przedstawiono liczbę usług poddawanych ocenie wpływu danej domeny na wartość wskaźnika SRI. W testowanej aktualnie wersji metodyki ewaluacji wskaźnika SRI uwzględniono łącznie pięćdziesiąt cztery różne usługi.

Przy kwalifikacji usług do uwzględnienia w ocenie budynku należy brać pod uwagę, czy dana usługa ma lub może mieć potencjał usługi inteligentnej, to znaczy, czy zgodnie z definicją ma właściwości wykrywania oraz interpretowania zdarzeń i sytuacji, a także komunikowania się (wymiany informacji) z innymi usługami inteligentnymi, nawet z innych domen i aktywnego reagowania w efektywny sposób na zmieniające się warunki w odniesieniu do: działania systemów technicznych budynku i/lub środowiska zewnętrznego oraz wymagań użytkowników budynku (wg Verbeke et al. 2020). Na przykład usługa wykrywania zajętości pomieszczenia z domeny **oświetlenie** może przekazywać tę informację do usługi sterowania grzejnikami z domeny **ogrzewanie**, klimakonwektorem z domeny **chłodzenie** i/lub przepustnicą powietrza z domeny **wentylacja**.

Wynika stąd, że usługa inteligentna to usługa, która mierzy, interpretuje, komunikuje się, decyduje i reaguje adekwatnie do sytuacji. Wskaźnik SRI określa *de facto* poziom nasycenia budynku takimi usługami.

Tab. 2. Liczba usług technicznych w ramach poszczególnych instalacji branżowych

Poz.	Domena	Liczba usług (54)
1.	Ogrzewanie	10
2.	Chłodzenie	10
3.	Ciepła woda użytkowa	5
4.	Wentylacja	6
5.	Oświetlenie	2
6.	Dynamiczna powłoka budynku	3
7.	Elektryczność	7
8.	Ładowanie pojazdów elektrycznych	3
9.	Monitoring i sterowanie	8

Każda domena posiada własny katalog usług specyficznych dla instalacji z określonej branży technicznej. Charakterystyczne jest także ocenianie w każdej domenie usługi dostarczania informacji dla użytkownika oraz współdziałania z inteligentnymi sieciami zasilającymi.

Dla przykładu w Tab. 3. przedstawiono katalog usług domeny **ogrzewanie**. Występują tu usługi związane z emisją ciepła w poszczególnych pomieszczeniach lub strukturach budynku (H-1a, H-1b, H-1c), dystrybucją ciepłej wody grzewczej (H-1d), magazynowaniem energii cieplnej (H-1f) oraz generacją ciepła (H-2a, H-2b, H-2d), a także usługi dotyczące informacji dla użytkownika (H-3) oraz współdziałania z inteligentnymi sieciami zasilającymi (H-4).

Dla informacji Czytelnika i dla pełnej informacji o metodyce ewaluacji wskaźnika SRI poniżej zamieszczono tabele z katalogami usług pozostałych domen (Tab. 4–11).

Tab. 3. Katalog usług domeny **ogrzewanie** (oprac. autora na podstawie arkusza kalkulacyjnego za: Ma et al. 2023)

Domena	Kod usługi	Grupa usług	Konkretna usługa gotowa do inteligencji
Ogrzewanie	H-1a	Sterowanie ogrzewaniem - strona odbioru	Sterowanie emisją ciepła w pomieszczeniach, np. grzejniki wodne (kaloryfery), klimakonwektory, grzejniki elektryczne
	H-1b	Sterowanie ogrzewaniem - strona odbioru	Sterowanie emisją przez elementy struktury konstrukcyjne budynku (TABS) (tryb grzania), np. stropy, ściany. Uwaga: nie obejmuje ogrzewania podłogowego
	H-1c	Sterowanie ogrzewaniem - strona odbioru	Sterowanie temperaturą medium na zasilaniu lub powrocie (przepływającego powietrza lub wody) - Podobna funkcja może być stosowana do sterowania instalacjami z bezpośrednim ogrzewaniem elektrycznym
	H-1d	Sterowanie ogrzewaniem - strona odbioru	Sterowanie pompami dystrybucyjnymi w instalacjach z medium grzewczym
	H-1f	Sterowanie ogrzewaniem - strona odbioru	Magazyn energii cieplnej (TES) do ogrzewania budynku (z wyłączeniem TABS)
	H-2a	Sterowanie ogrzewaniem - źródła ciepła	Sterowanie źródłem ciepła (za wyjątkiem pomp ciepła)
	H-2b	Sterowanie ogrzewaniem - źródła ciepła	Sterowanie źródłem ciepła (dla pomp ciepła)
	H-2d	Sterowanie ogrzewaniem - źródła ciepła	Sekwencjonowanie w przypadku różnych źródeł ciepła
	H-3	Informacja dla użytkowników i zarządców	Raportowanie informacji dotyczących wydajności systemu ogrzewania
	H-4	Elastyczność i współdziałanie z siecią	Elastyczność oraz współdziałanie z siecią zasilającą

Tab. 4. Katalog usług domeny **chłodzenie**

Domena	Kod usługi	Grupa usług	Konkretna usługa gotowa do inteligencji
Chłodzenie	C-1a	Sterowanie chłodzeniem - strona odbioru	Sterowanie emisją chłodu, np. klimakonwektory, belki chłodzące, inne
	C-1b	Sterowanie chłodzeniem - strona odbioru	Sterowanie emisją dla TABS (w trybie chłodzenia)
	C-1c	Sterowanie chłodzeniem - strona odbioru	Sterowanie temperaturą wody lodowej w sieci dystrybucyjnej (zasilanie lub powrót)
	C-1d	Sterowanie chłodzeniem - strona odbioru	Sterowanie pompami dystrybucyjnymi w sieci (wody lodowej)
	C-1f	Sterowanie chłodzeniem - strona odbioru	Blokada: unikanie równoczesnego grzania i chłodzenia w tym samym pomieszczeniu
	C-1g	Sterowanie chłodzeniem - strona odbioru	Sterowanie działaniem magazynu energii cieplnej (wody lodowej)
	C-2a	Sterowanie chłodzeniem - źródła chłodu	Sterowanie źródłami chłodu
	C-2b	Sterowanie chłodzeniem - źródła chłodu	Sekwencjonowanie różnych źródeł chłodu
	C-3	Informacja dla użytkowników i zarządców	Raportowanie informacji dotyczących sprawności systemu chłodzenia
	C-4	Elastyczność i współdziałanie z siecią	Elastyczność i współdziałanie z siecią zasilającą

Tab. 5. Katalog usług domeny **ciepła woda użytkowa**

Domena	Kod usługi	Grupa usług	Konkretna usługa gotowa do inteligencji
Ciepła woda użytkowa	DHW-1a	Sterowanie CWU - źródła	Sterowanie ładowaniem zasobnika CWU (z bezpośrednim grzaniem elektrycznym lub zintegrowaną elektryczną pompą ciepła)
	DHW-1b	Sterowanie CWU - źródła	Sterowanie ładowaniem zasobnika CWU (ze źródła wody grzewczej)
	DHW-1d	Sterowanie CWU - źródła	Sterowanie ładowaniem zasobnika CWU (z kolektorów słonecznych i dodatkowych źródeł ciepła)
	DHW-2b	Sterowanie CWU - źródła	Sekwencjonowanie w przypadku różnych źródeł CWU
	DHW-3	Informacja dla użytkowników i zarządców	Raportowanie informacji dotyczących wydajności systemu CWU

Tab. 6. Katalog usług domeny wentylacja

Domena	Kod usługi	Grupa usług	Konkretna usługa gotowa do inteligencji
Wentylacja	V-1a	Sterowanie przepływem powietrza	Sterowanie przepływem powietrza na poziomie pomieszczenia, np. klapy, VAV
	V-1c	Sterowanie przepływem powietrza	Sterowanie przepływem lub ciśnieniem powietrza na poziomie centrali wentylacyjnej
	V-2c	Sterowanie temperaturą powietrza	Sterowanie odyskiem ciepła: zapobieganie przegrzewom
	V-2d	Sterowanie temperaturą powietrza	Sterowanie temperaturą powietrza nawiewanego na poziomie centrali wentylacyjnej
	V-3	Chłodzenie pasywne - Free cooling	Free cooling (chłodzenie bierne, nocne) przez system wentylacji mechanicznej
	V-6	Informacja zwrotna - raportowanie	Raportowanie informacji dotyczących jakości powietrza wewnątrz budynku

Tab. 7. Katalog usług domeny oświetlenie

Domena	Kod usługi	Grupa usług	Konkretna usługa gotowa do inteligencji
Oświe- tlenie	L-1a	Sterowanie oświetleniem	Sterowanie oświetleniem wewnętrznym w zależności od zajętości
	L-2	Sterowanie mocą oświetlenia sztucznego z uwzględnieniem poziomu światła dziennego	Sterowanie mocą oświetlenia wewnętrznego z uwzględnieniem poziomu światła dziennego

Tab. 8. Katalog usług domeny dynamiczna powłoka budynku

Domena	Kod usługi	Grupa usług	Konkretna usługa gotowa do inteligencji
Dynamiczna powłoka budynku	DE-1	Sterowanie oknami	Sterowanie okiennymi osłonami przeciwsłonecznymi
	DE-2	Sterowanie oknami	Sterowanie otwieraniem/zamykaniem okien, w połączeniu z działaniem systemu klimatyzacji (HVAC)
	DE-4	Informacja zwrotna - raportowanie	Raportowanie informacji dotyczących wydajności dynamicznych osłon przeciwsłonecznych

Tab. 9. Katalog usług domeny elektryczność

Domena	Kod usługi	Grupa usług	Konkretna usługa gotowa do inteligencji
Elektryczność	E-2	Informacja zwrotna - raportowanie dot. wytwarzania lokalnego	Raportowanie informacji dotyczących lokalnego wytwarzania energii elektrycznej
	E-3	Lokalne wytwarzanie energii elektrycznej - magazynowanie	Magazynowanie lokalnie wytwarzanej energii elektrycznej
	E-4	Lokalne wytwarzanie energii elektrycznej - optymalizacja	Optymalizacja autokonsumpcji lokalnie wytwarzanej energii elektrycznej
	E-5	Lokalne wytwarzanie energii elektrycznej - sterowanie	Sterowanie zintegrowanymi instalacjami generacji ciepła i energii elektrycznej (CHP)
	E-8	Elastyczność zarządzania popytem (DSM) - magazynowanie	Wspieranie trybów działania (mikro) sieci zasilających
	E-11	Informacja zwrotna - raportowanie	Raportowanie informacji dotyczących magazynów energii elektrycznej
	E-12	Informacja zwrotna - raportowanie	Raportowanie informacji dotyczących zużycia energii elektrycznej

Tab. 10. Katalog usług domeny ładowanie pojazdów elektrycznych

Domena	Kod usługi	Grupa usług	Konkretna usługa gotowa do inteligencji
Ładowanie pojazdów elektrycznych	EV-15	Ładowanie pojazdów elektrycznych	Liczba i moc ładowania pojazdów elektrycznych, które mogą być ładowane równocześnie
	EV-16	Ładowanie pojazdów elektrycznych - współpraca z siecią	Bilansowanie ładowania pojazdów elektrycznych z siecią zasilającą
	EV-17	Ładowanie pojazdów elektrycznych - połączenia	Informacje dotyczące ładowania pojazdów elektrycznych i możliwości połączeń (wymiany danych)

Tab. 11. Katalog usług domeny monitoring i sterowanie

Domena	Kod usługi	Grupa usług	Konkretna usługa gotowa do inteligencji
Monitoring i sterowanie	MC-3	Sterowanie we współdziałaniu z HVAC	Zarządzanie czasem pracy systemów HVAC
	MC-4	Wykrywanie usterek	Wykrywanie usterek w instalacjach technicznych budynku i zapewnienie wsparcia w diagnostyce tych usterek
	MC-9	Sterowanie we współdziałaniu z instalacjami technicznymi budynku (TBS)	Wykrywanie zajętości pomieszczeń: usługi korzystające z tej funkcji
	MC-13	Informacja zwrotna - raportowanie	Centralne raportowanie wydajności instalacji technicznych budynku i zużycia energii
	MC-25	Integracja z inteligentną siecią zasilającą (<i>smart grid</i>)	Integracja z inteligentną siecią zasilającą (<i>smart grid</i>)
	MC-28	Informacja zwrotna - raportowanie	Raportowanie informacji dotyczących wydajności i funkcjonowania zarządzania popytem
	MC-29	Nadpisanie (wymuszenie) sterowania	Nadpisanie (wymuszanie) sterowania popytem (DSM)
	MC-30	Pojedyncza platforma informatyczna do obsługi instalacji technicznych budynku we wszystkich aspektach eksploatacji	Pojedyncza platforma informatyczna, która umożliwi zautomatyzowane sterowanie i koordynację między instalacjami technicznymi budynku (TBS) w celu optymalizacji przepływu energii na podstawie zajętości pomieszczeń, dostępności źródeł energii, stanu i prognozy pogody oraz sygnałów z sieci zasilającej

Poziomy funkcjonalności usług

W automatyce tradycyjnych instalacji technicznych związanych z zapewnieniem komfortu (domeny: **ogrzewanie, chłodzenie, ciepła woda użytkowa,**

wentylacja, oświetlenie) zasadniczo można wyróżnić pięć standardowych sposobów sterowania instalacją. W terminologii ewaluacji SRI są one nazwane **poziomymi funkcjonalnościami usług**. W Tab. 12 przedstawiono ich klasyczne rodzaje.

Tab. 12. Poziomy funkcjonalności usług

Poziom funkcjonalności usługi	Funkcjonalność sterowania danej usługi
0	Brak sterowania
1	Lokalne nastawy ręczne – bez regulacji, np. pokrętko zaworu
2	Sterowanie lokalne – lokalna regulacja, np. termostat na kaloryferze
3	Sterowanie lokalne ze zdalnym zadawaniem parametrów (stabilizacja) – komunikacja jednokierunkowa – np. zmienianie wartości zadanych
4	Sterowanie lokalne w zależności od zapotrzebowania oraz centralne bilansowanie źródeł i sterowanie ich wydajnością według sumy potrzeb – komunikacja dwukierunkowa w celu przekazania informacji o rzeczywistym, lokalnym zapotrzebowaniu na energię (np. obecności użytkownika w pomieszczeniu)

Poziomy funkcjonalności usług mają bezpośredni wpływ na efektywność energetyczną. Im jest on wyższy, tym bardziej usługa przyczynia się do podniesienia efektywności energetycznej budynku. Niestety, nie dla wszystkich usług twórcy metodyki (Verbeke et al. 2020) zastosowali wytyczne zawarte w Tab. 12. Wyniknęło to z faktu, że bazą dla klasyfikacji usług objętych metodyką i ich poziomów funkcjonalności jest norma EN 15232-1:2017 dotycząca wpływu

automatyki, sterowania i zarządzania budynkami na efektywność energetyczną. Jej autorzy nie dotrzymali konsekwentnej klasyfikacji sposobów sterowania, które zostały zdefiniowane właśnie w tej normie. Dla wielu usług zdefiniowano mniej niż cztery poziomy funkcjonalności usług. Wspomnianą sytuację ilustruje fragment katalogu usług domeny **ogrzewanie** (Tab. 13), gdzie widać, że nie wszystkie usługi mają sklasyfikowane pięć poziomów funkcjonalności.

Tab. 13. Przykład definicji poziomów funkcjonalności usług dla części usług domeny ogrzewanie (oprac. autora na podstawie arkusza kalkulacyjnego za Ma et al. 2023)

Kod usługi	Poziom funkcjonalności 0	Poziom funkcjonalności 1	Poziom funkcjonalności 2	Poziom funkcjonalności 3	Poziom funkcjonalności 4
H-1a	Brak sterowania automatycznego	Centralne sterowanie automatyczne (np. centralny termostat)	Indywidualne sterowanie w pomieszczeniu (pokoju) (np. zawory termostaticzne lub lokalne sterowniki elektroniczne)	Indywidualne sterowanie pomieszczeniem z komunikacją między sterownikami i z systemem automatyki i sterowania budynków (BACS)	Indywidualne sterowanie pomieszczeniem z dwukierunkową komunikacją i wykrywaniem zajętości
H-1b	Brak sterowania automatycznego	Centralne sterowanie automatyczne	Zaawansowane centralne sterowanie automatyczne	Zaawansowane centralne sterowanie automatyczne z pracą przerywaną i/lub sterowaniem ze sprzężeniem zwrotnym od temperatury w pomieszczeniu	Nie zdefiniowano funkcjonalności sterowania dla tego poziomu
H-1c	Brak sterowania automatycznego	Sterowanie pogodowe na podstawie temperatury zewnętrznej	Sterowanie na podstawie zapotrzebowania	Nie zdefiniowano funkcjonalności sterowania dla tego poziomu	Nie zdefiniowano funkcjonalności sterowania dla tego poziomu
H-1d	Brak sterowania automatycznego	Sterowanie włącz/wyłącz	Sterowanie wielostopniowe	Sterowanie zmienną prędkością pomp na stałą lub zmienną wartość Δp (automatyka wewnętrzna pomp)	Sterowanie pompami o zmiennej prędkości obrotowej (zewnętrzny sygnał zapotrzebowania)
H-1f	Ciągłe działanie magazynu	Działanie magazynu wg harmonogramu czasowego	Działanie magazynu oparte na przewidywaniu obciążenia	Magazynowanie ciepła z możliwością elastycznego sterowania za pomocą sygnałów z sieci zasilania (np. DSM)	Nie zdefiniowano funkcjonalności sterowania dla tego poziomu
H-2a	Stabilizacja temperatury	Zmienne sterowanie temperaturą w zależności od temperatury zewnętrznej	Zmienne sterowanie temperaturą w zależności od obciążenia (np. zależnie od wartości zadanej temperatury wody zasilającej)	Nie zdefiniowano funkcjonalności sterowania dla tego poziomu	Nie zdefiniowano funkcjonalności sterowania dla tego poziomu

Zamieszczenie szczegółowych opisów poziomów funkcjonalności wszystkich usług przekracza zakres niniejszej publikacji. Pełna wersja opisów znajduje się w załączniku F *Raportu końcowego na temat wsparcia technicznego dla opracowania wskaźnika gotowości budynków do inteligencji* (Verbeke et al. 2020). Można będzie zapoznać się z nią także w przygotowywanym aktualnie przez autora podręczniku dla audytorów SRI.

Punktacja oddziaływania usług na właściwości budynku

Każda usługa występująca w instalacjach technicznych budynku z określonym poziomem funkcjonal-

ności może oddziaływać (mieć wpływ) w różnym stopniu na każde kryterium wpływu. Sklasyfikowane poziomy funkcjonalności usług, które mogą występować w odniesieniu do sposobów sterowania danej instalacji technologicznej odpowiedzialnej za realizację danej usługi, należy indywidualnie ocenić pod kątem oddziaływania danego sposobu sterowania usługi (poziomu funkcjonalności tej usługi) na każde kryterium wpływu. Ocenę należy przeprowadzić w siedmiostopniowej skali **punktów wpływu** z zakresu od -3 do +3. Przykład punktacji wpływu poziomów funkcjonalności konkretnej usługi X z domeny Y na każde kryterium wpływu zilustrowano w Tab. 14.

Tab. 14. Przykład ustalenia punktacji dla poziomu funkcjonalności 2 usługi X z domeny Y na poszczególne kryteria wpływu

Usługa X domeny Y	Oszczędzanie energii x%	Obsługa i zapobieganie awarii (x%)	Komfort x%	Wygoda x%	Zdrowie i dobre samopoczucie x%	Informacje dla użytkownika x%	Elastyczność energetyczna x%
Poziom funkcjonalności	Punktacja wpływu danego poziomu funkcjonalności danej usługi						
0	-3	1	0	0	0	0	-2
1	0	2	1	1	0	1	1
2	1	3	2	1	0	2	2
3	2	3	3	2	0	3	2
4	3				0		

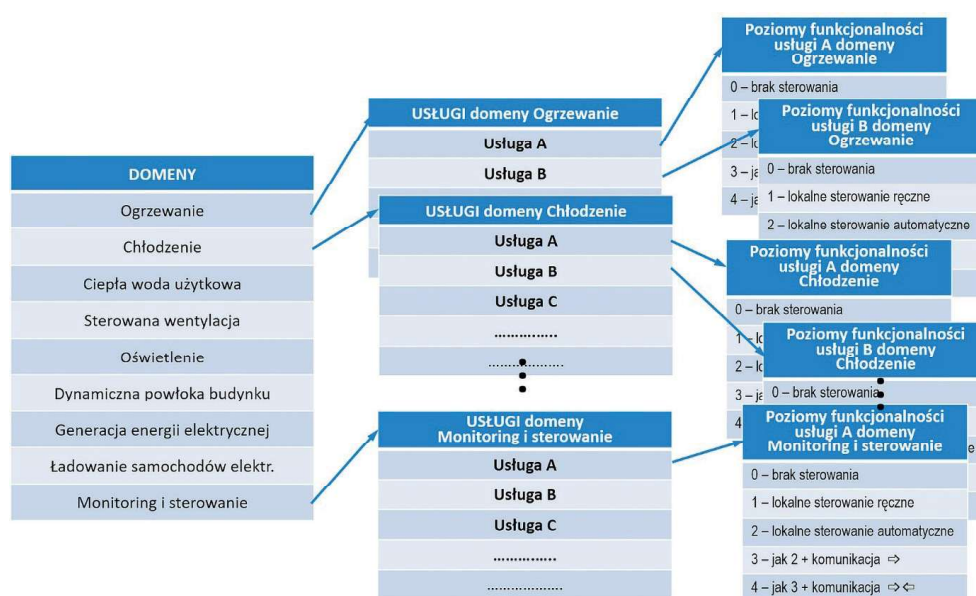
W Tab. 14 przedstawiono punktację wpływu usługi X z domeny Y dla wszystkich wariantów poziomów funkcjonalności tej usługi. Jeżeli w rzeczywistej instalacji danego budynku stosowany jest poziom funkcjonalności 2 tej usługi (automatyczne sterowanie lokalne), do dalszych obliczeń stosuje się wartości z podświetlonego wiersza. Warto zwrócić uwagę, że w przypadku braku sterowania (poziom funkcjonalności 0) usługa może mieć negatywny wpływ na określone kryteria wpływu.

Punkty wpływu mają reprezentować poziom gotowości do inteligencji każdej usługi w kontekście jej znaczenia dla poszczególnych kryteriów wpływu. Twórcy metodyki ewaluacji wskaźnika SRI opracowali arbitralnie domyślną macierz punktacji wpływu każdego poziomu funkcjonalności każdej usługi na każde kryterium wpływu. Dane z tej macierzy są wykorzystywane podczas obliczeń odpowiednio do

rzeczywistych poziomów funkcjonalności danych usług w ocenianym budynku. W aktualnie prowadzonej fazie testów metodyki w państwach Unii Europejskiej istnieje możliwość zmian poszczególnych punktów wpływu w celach badawczych. Aby możliwe było porównywanie wyników ewaluacji SRI dla różnych budynków, konieczne jest stosowanie takiej samej macierzy punktacji we wszystkich ewaluacjach.

Metodyka ewaluacji wskaźnika SRI – obliczenia

Strukturę danych potrzebnych do ewaluacji wskaźnika SRI dla budynku przedstawiono na Rys. 6. W procesie audytu przed obliczeniami wskaźnika SRI należy ustalić wszystkie dane potrzebne do wypełnienia tej struktury dla konkretnego budynku.



Rys. 6. Struktura danych o budynku do ewaluacji wskaźnika SRI

Wynik gotowości budynku do inteligencji jest wartością procentową, która wyraża stopień gotowości budynku do inteligencji w odniesieniu do gotowości maksymalnej. Im wyższy wynik, tym bardziej budynek jest gotowy do inteligencji (w uproszczeniu: jest bardziej inteligentny), czyli bardziej wykorzystuje w swoim działaniu inteligentne technologie. Kolejne kroki procesu ewaluacji tego stanu zostały opisane w dalszej części artykułu.

Krok 1: Identyfikacja domen, usług i poziomów ich funkcjonalności

W kroku 1 musimy zidentyfikować występujące w budynku domeny techniczne oraz związane z nimi usługi techniczne i poziomy funkcjonalności tych usług. W przypadku domen i usług związanych z zapewnieniem komfortu poziomy funkcjonalności usług zwykle odpowiadają sposobom sterowania określonych usług technicznych przedstawionym w Tab. 12. W przypadku usług dotyczących obszarów nowych technologii poziomy funkcjonalności usług mają znaczenie specyficzne, opisane w katalogu

usług i ich poziomów funkcjonalności. Efekt wykonania pierwszego kroku procedury jest przedstawiony w Tab. 15. Przy okazji identyfikacji poziomów funkcjonalności usług ustalamy także najwyższy dostępny dla danej usługi poziom funkcjonalności, dzięki któremu możliwe będzie przeprowadzanie normalizacji wyników w odniesieniu do teoretycznie maksymalnego wskaźnika SRI dla danego budynku. Tab. 15 i inne tabele w dalszej części artykułu przedstawiają struktury danych obsługiwane przez narzędzia wspomagające ewaluację wartości wskaźnika SRI. W ramach fazy testów metodyki ewaluacji wskaźnika SRI w państwach członkowskich Unii Europejskiej Zespół wsparcia SRI (SRI Support Team) działający przy Dyrekcji Generalnej ds. Energii Komisji Europejskiej (DG ENER) oferuje do testów arkusz kalkulacyjny SRI_calculation-sheet_v4.5 (Ma et al. 2023) (dalej w skrócie: SRI_v4.5). Narzędzie umożliwia zebranie danych, na podstawie których wykonuje obliczenie wartości wskaźnika dla konkretnego budynku. Aktualnie w ramach projektów europejskich opracowywanych jest kilka innych narzędzi służących do ewaluacji wartości wskaźnika.

Tab. 15. Krok 1 – identyfikacja domen, usług oraz ich poziomów funkcjonalności w ocenianym budynku. Uwaga: tabela zawiera 54 wiersze – jeden dla każdej usługi

↓ Wszystkie usługi wszystkich domen ↓	Czy dana domena jest w budynku?	Czy dana usługa jest w budynku?	Zastosowany w budynku poziom funkcjonalności danej usługi	Najwyższy możliwy poziom funkcjonalności danej usługi
Usługa 1 domeny Ogrzewanie				
Usługa 10 domeny Ogrzewanie				
Usługa 1 domeny Chłodzenie				
Usługa 10 domeny Chłodzenie				
Usługa 1 domeny CWU				
Usługa 5 domeny CWU				
Usługa 1 domeny Wentylacja				
Usługa 6 domeny Wentylacja				
Usługa 1 domeny Oświetlenie				
Usługa 2 domeny Oświetlenie				
Usługa 1 domeny Dynamiczna Powłoka Budynku				
Usługa 3 domeny Dynamiczna Powłoka Budynku				
Usługa 1 domeny Elektryczność				
Usługa 7 domeny Elektryczność				
Usługa 1 domeny Ładowanie pojazdów elektrycznych				
Usługa 3 domeny Ładowanie pojazdów elektrycznych				
Usługa 1 domeny Monitoring i sterowanie				
Usługa 8 domeny Monitoring i sterowanie				

Krok 1 procedury ewaluacji wartości wskaźnika SRI musi zostać wykonany przez audytora na

podstawie wizji lokalnej w ocenianym obiekcie. W jej trakcie należy zebrać szczegółowe informacje

na temat wyposażenia budynku w instalacje techniczne i ich działania – domeny, usługi w ramach domen i poziomy funkcjonalności usług. Należy również zapoznać się z dokumentacją, zarówno instalacji technicznych budynku, jak i systemów automatyki i sterowania tych instalacji (BACS), a często także systemów bezpieczeństwa budynku oraz systemu zarządzania instalacjami technicznymi budynku (TBMS i/lub BMS), o ile jest stosowany. W takim audycie pomocna bywa dobra współpraca ze służbami utrzymania ruchu instalacji technicznych budynku, które znają instalacje techniczne i ich szczegółowe właściwości.

Krok 2: Klasyfikacja usług pod kątem ich wpływu na gotowość budynku do inteligencji

Obliczanie SRI wymaga przeprowadzenia procesu klasyfikacji usług (*triage process*) w celu określenia, które z nich powinny być brane pod uwagę przy ewaluacji wskaźnika SRI. Kluczowym działaniem jest zidentyfikowanie, czy dana usługa ma obiektywny potencjał do oddziaływania na ocenę danej domeny, a w efekcie na oddziaływanie tej domeny na kryteria wpływu w kontekście wykorzystania inteligentnych technologii.

Jeżeli dana usługa występuje w budynku, ale aktualnie nie posiada odpowiednio zaawansowanego poziomu funkcjonalności wynikającego z systemu sterowania lub innych czynników, które w przyszłości mogłyby być polepszone, to taką usługę należy uwzględnić w procesie oceny wartości wskaźnika SRI. Takie podejście umożliwia przeprowadzenie analizy „co by było, gdyby?” i pozwala podejmować racjonalne decyzje dotyczące kierunków modernizacji budynku. Jeżeli w obiekcie występują usługi, które nie

są istotne dla tego budynku lub modułu budynku, to w celu uniknięcia niesprawiedliwego „karania” budynku lub modułu budynku usługi takie można pominąć w procesie ich kwalifikacji do uwzględnienia w obliczeniach wskaźnika SRI.

Krok 3: Ustalenie punktacji wpływu usług na każde kryterium wpływu

Jak wspomniano w sekcji *Punktacja wpływu usług na kryteria wpływu*, domyślna macierz punktacji z ustalonymi punktami wpływu każdego poziomu funkcjonalności każdej usługi jest elementem narzędzia obliczeniowego wskaźnika SRI. W celach doświadczalnych i testowych audytor może zmieniać wartość punktów wpływu, ale w celu zachowania możliwości jednoznacznego porównywania wyników różnych budynków należy realizować obliczenia na wartościach punktów wpływu zaproponowanych w stosowanym narzędziu obliczeniowym.

Poniżej (Tab. 16) przedstawiono macierz, która obrazuje klasyfikację wpływu każdej usługi z każdej domeny na każde kryterium wpływu, na podstawie poziomów funkcjonalności usług, które zostały zidentyfikowane podczas audytu. Do macierzy wpisujemy punkty wpływu zależnie od poziomu funkcjonalności stosowanego w badanym budynku dla danej usługi (patrz Tab. 14). Macierz ta jest podstawą do realizacji dalszych kroków obliczeniowych. W następnym kroku możliwe będzie ustalenie zbiorczego wpływu każdej domeny na każde kryterium wpływu. Jednocześnie macierz wypełniona punktacją dla najwyższych poziomów funkcjonalności każdej usługi jest punktem odniesienia dla normalizacji wyniku dla aktualnego stanu budynku w stosunku do możliwego do osiągnięcia stanu maksymalnego.

Tab. 16. Ilustracja wpływu każdej usługi na każde kryterium wpływu według zidentyfikowanego poziomu funkcjonalności tej usługi.
Uwaga: tabela zawiera pięćdziesiąt cztery wiersze – jeden dla każdej usługi

↓Wszystkie usługi wszystkich domen	Oszczędzanie energii x%	Obsługa i zapobieganie awariom x%	Komfort x%	Wygoda x%	Zdrowie i dobre samopoczucie x%	Informacje dla użytkownika x%	Elastyczność energetyczna x%
Usługa 1 domeny Ogrzewanie	-3	1	0	0	0	0	-2
Usługa 10 domeny Ogrzewanie	0	2	1	1	0	1	1
Usługa 1 domeny Chłodzenie	1	3	2	1	0	2	2
Usługa 10 domeny Chłodzenie	2	3	3	2	0	3	2
Usługa 1 domeny CWU	3				0		
Usługa 5 domeny CWU							
Usługa 1 domeny Wentylacja							
Usługa 6 domeny Wentylacja							
Usługa 1 domeny Oświetlenie							
Usługa 2 domeny Oświetlenie							
Usługa 1 domeny DPB							
Usługa 3 domeny DPB							
Usługa 1 domeny Elektryczność							
Usługa 7 domeny Elektryczność							
Usługa 1 domeny Ładowanie pojazdów elektrycznych							
Usługa 3 domeny Ładowanie pojazdów elektrycznych							
Usługa 1 domeny Monitoring i sterowanie							
Usługa 8 domeny Monitoring i sterowanie							

Tabela (oczywiście w pełni wypełniona punktacją usług, adekwatnie do rzeczywistych poziomów funkcjonalnych usług występujących w budynku) jest podstawą do ustalenia sumarycznego oddziaływania usług każdej domeny na każde kryterium wpływu.

Tabela wypełniona punktacją dla najwyższych poziomów funkcjonalnych danych usług pozwala z kolei na normalizację % oceny wskaźników budynku (stan aktualny)/(stan maksymalny do osiągnięcia).

Krok 4: Obliczenie zbiorczego wpływu każdej domeny na każde kryterium wpływu

Po ustaleniu wyników oddziaływania (punktów wpływu) każdej usługi z każdej domeny na każde kryterium wpływu (Tab. 16) można obliczyć zbiorczą gotowość do inteligencji każdej domeny dla każdego kryterium wpływu. W trakcie obliczania należy przeprowadzić normalizację odnoszącą się do wyniku, który mógłby zostać osiągnięty dla danej domeny i danego kryterium wpływu, gdyby wszystkie poziomy funkcjonalności usług tej domeny były na maksymalnych możliwych poziomach funkcjonalności. Ilustrację obliczania i normalizacji wskaźników wpływu danej domeny na dane kryterium wpływu przedstawiono w Tab. 17 i na Rys. 7. Warto zauważyć, że w aktualnej wersji metody przy tym obliczeniu wszystkie usługi danej domeny są równoprawne i mają taki sam wpływ na wynik końcowy otrzymywany w tym kroku.

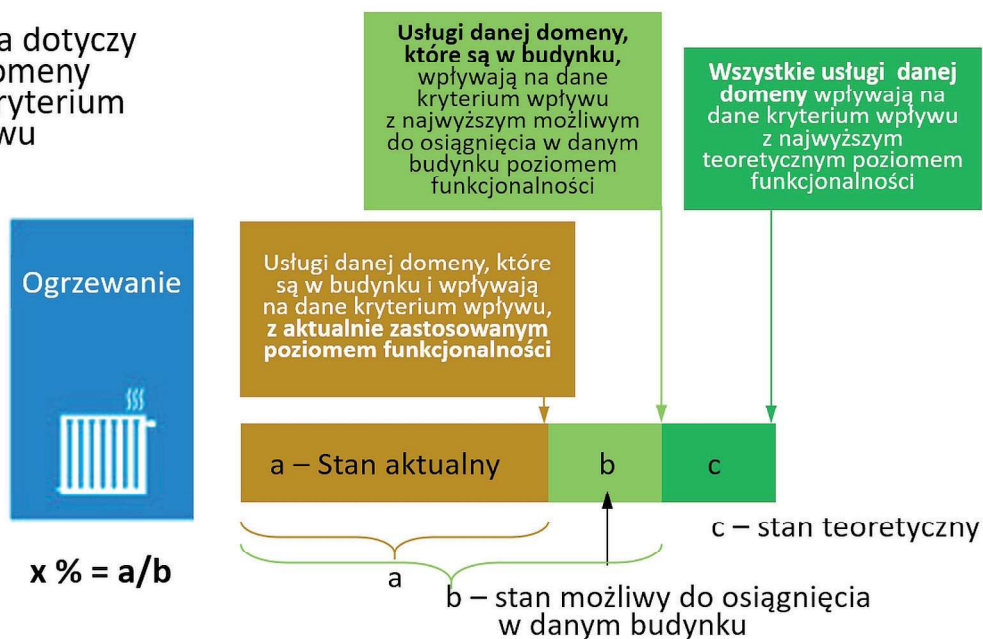
Wynik gotowości do inteligencji domeny to stosunek (w procentach) sumy punktów oceny wpływu usług z danej domeny, które wynikają ze

stosowanych w budynku poziomów funkcjonalności usług (po sklasyfikowaniu ich oddziaływania na poszczególne kryteria na wartości punktów wpływu według kroku 1) do sumy punktów wpływu przyznawanych za teoretycznie najwyższy poziom funkcjonalności danej usługi. Przy obliczaniu teoretycznym wzorcem może być stan, w którym pod uwagę brane są wszystkie usługi danej domeny z najwyższymi poziomami funkcjonalności. Przy obliczaniu praktycznym bierze się pod uwagę te usługi danej domeny, które rzeczywiście występują w budynku, i zakłada się dla nich najwyższy poziom funkcjonalności. Ilustrację tych dwóch podejść przedstawiono na Rys. 7. Podejście teoretyczne można wykorzystać w celu oceny kierunków modernizacji oraz potencjalnych skutków, kosztów i sensu głębokiej modernizacji instalacji technicznych budynku. Efektem realizacji kroku 4. procedury obliczeniowej jest uzyskanie znormalizowanej punktacji oddziaływania każdej domeny na każdą wymaganą przez EPBD 2018 właściwość budynku. Punktację tę zapisujemy w miejscach znaków zapytania w macierzy przedstawionej w Tab. 18.

Tab. 17. Ilustracja obliczania i normalizacji wskaźników wpływu danej domeny na określone kryterium wpływu

Usługi domeny Y ⇨	A	B	C	D	E	F	Suma
Wg stanu w budynku =	2	0	2	2	-	1	SY
Maksymalne możliwe	3	3	3	2	-	3	SM
To obliczenie należy wykonać dla każdej domeny i każdego kryterium wpływu				Znormalizowany wynik wpływu domeny Y			SY/SM %

Normalizacja dotyczy każdej domeny i każdego kryterium wpływu



Rys. 7. Normalizacja wyniku wpływu usług danej domeny na dane kryterium wpływu – podejście praktyczne i teoretyczne

Tab. 18. Macierz wpływu każdej z domen na poszczególne kryteria wpływu

CWU – ciepła woda użytkowa DPB – dynamiczna powłoka budynku PE – pojazdy elektryczne		Oszczędzanie energii x%	Obsługa i zapobieganie awariom x%	Komfort x%	Wygoda x%	Zdrowie i dobre samopoczucie x%	Informacje dla użytkownika x%	Elastyczność energetyczna x%
Domeny		x%	x%	x%	x%	x%	x%	x%
Wpływ wszystkich domen na każde kryterium wpływu →								
	Ogrzewanie	?	?	?	?	?	?	?
	Chłodzenie	W miejscu znaków zapytania znajdują się wyniki wpływu każdej domeny na każde kryterium wpływu, obliczone zgodnie z zasadami omówionymi powyżej				?	Wpływ domeny Chłodzenie na kryterium info dla użytkownika	?
	CWU					?	?	?
	Wentylacja					?	?	?
	Oświetlenie	?	?	?	?	?	?	?
	DPB	Wpływ domeny DPB na kryterium Oszczędzanie energii	?	?	?	?	?	?
	Elektryczność	?	Pola niebieskie przeznaczone są na wyniki sumarycznego oddziaływania wszystkich domen na każde kryterium oceny					
	Ładowanie PE	?						
	Monitoring i ster.	?						

Krok 5: Dobór współczynników wagowych zbiorczego wpływu domen na kryteria wpływu

Zbiorczy wpływ wszystkich domen na dane kryterium wpływu będzie obliczany jako średnia ważona. Wagi będą uwzględniać wpływ danej domeny na dane kryterium wpływu. Waga każdej domeny będzie zależeć od jej względnego znaczenia dla rozważanego kryterium wpływu.

Przed obliczeniem zbiorczego wpływu wszystkich domen na każde kryterium wpływu należy ustalić współczynniki wagowe. Propozycję doboru współczynników wagowych dla domen przedstawiono w *Raporcie końcowym...* na temat wsparcia technicznego dla opracowania wskaźnika gotowości budynków do inteligencji (Verbeke et al. 2020). Jest to metoda mieszana, w której zakłada się trzy sposoby doboru współczynników wagowych dla oceny zbiorczego wpływu domen na dane kryterium wpływu (Tab. 19). Pierwszy sposób zakłada arbitralne przyjęcie stałych współczynników wagowych dla określonych domen i określonych kryteriów wpływu – stałe wagi (pola koloru różowego). Drugi sposób to również arbitralne przyjęcie stałych i równych współczynników

wagowych dla określonych domen i określonych kryteriów wpływu – równe wagi (pola koloru żółtego). Trzecie podejście uwzględnia współczynniki wagowe wynikające z obliczeń bilansu energetycznego i ustalenia rzeczywistego wpływu danej domeny na określone kryterium wpływu – wagi z bilansu energetycznego (pola koloru zielonego). W tym przypadku na współczynniki wagowe ma wpływ również strefa klimatyczna, w której usytuowany jest oceniany budynek. Twórcy metodyki przygotowali dla trzeciego sposobu standardowy zestaw współczynników wagowych na bazie danych statystycznych dotyczących bilansu energetycznego dla budynków z różnych stref klimatycznych w Europie z uwzględnieniem wpływu czynników klimatycznych. W Europie wyróżniono pięć stref klimatycznych: Europa północna, Europa zachodnia, Europa południowa, Europa północno-wschodnia oraz Europa południowo-zachodnia. Dla każdej z nich przygotowano tabele współczynników korygujących współczynniki wagowe stosowane w obliczeniach. Wybranie określonego państwa członkowskiego UE, w którym znajduje się analizowany budynek, automatycznie koryguje współczynniki wagowe w zależności od strefy klimatycznej, w której leży kraj.

Tab. 19. Metoda mieszana doboru współczynników wagowych do obliczenia zbiorczego oddziaływania domen na kryteria oceny właściwości budynków

POJEDYNCZY WSKAŹNIK KLASYFIKUJE
GOTOWOŚĆ BUDYNKU DO INTELIGENCJI

SRI

1/3 1/3 1/3

Oszczędzanie energii i pewność funkcjonowania Odpowiedź na potrzeby użytkownika Elastyczność zapotrzebowania na energię

Uwaga: wartości w tabeli w procentach

Domena	Oszczędzanie energii x%	Obsługa i zapobieganie awariom x%	Komfort x%	Wygoda x%	Zdrowie i dobre samopoczucie x%	Informacje dla użytkownika x%	Elastyczność energetyczna x%
Ogrzewanie			16	10	16	11,4	
Ciepła woda użytkowa				10		11,4	
Chłodzenie			16	10	16	11,4	
Wentylacja			16	10	16	11,4	
Oświetlenie			16	10	16		
Elektryczność				10		11,4	
Dynamiczna powłoka budynku	5	5	16	10	16	11,4	
Ładowanie pojazdów elektrycznych				10		11,4	5
Monitoring i sterowanie	20	20	20	20	20	20	20

Nieuwzględniane Stałe wagi Równe wagi Wagi z bilansu energetycznego

Twórcy metodyki założyli, że są też takie domeny, od których dane kryterium wpływu jest niezależne, więc ich oddziaływanie na to kryterium w ogólnie nie jest brane pod uwagę (wypełnienie kolorem szarym). Założenie to może budzić kontrowersje, choćby w takich przykładach jak pomijanie oddziaływania domeny **ładowanie pojazdów elektrycznych** na kryterium **efektywność energetyczna** czy nieuwzględnianie oddziaływania domeny **ciepła woda użytkowa** na kryterium **zdrowie i dobre samopoczucie**.

Suma współczynników wagowych dla danego kryterium wpływu dla wszystkich domen musi oczywiście wynosić 100%.

Krok 6: Agregacja pionowa – obliczenie zbiorczego wpływu domen na kryteria wpływu

Obliczenie zbiorczej oceny wpływu wszystkich domen na indywidualne kryteria wpływu będzie wymagało wypełnienia siedmiu niebieskich pól w górnym wierszu matrycy przedstawionej w Tab. 20. Obliczenie polega na wyznaczeniu średniej ważonej wpływu wszystkich domen na każde kryterium oceny. Jest to agregacja pionowa wyników oddziaływania

wszystkich domen na każdą grupę wymaganych właściwości budynku.

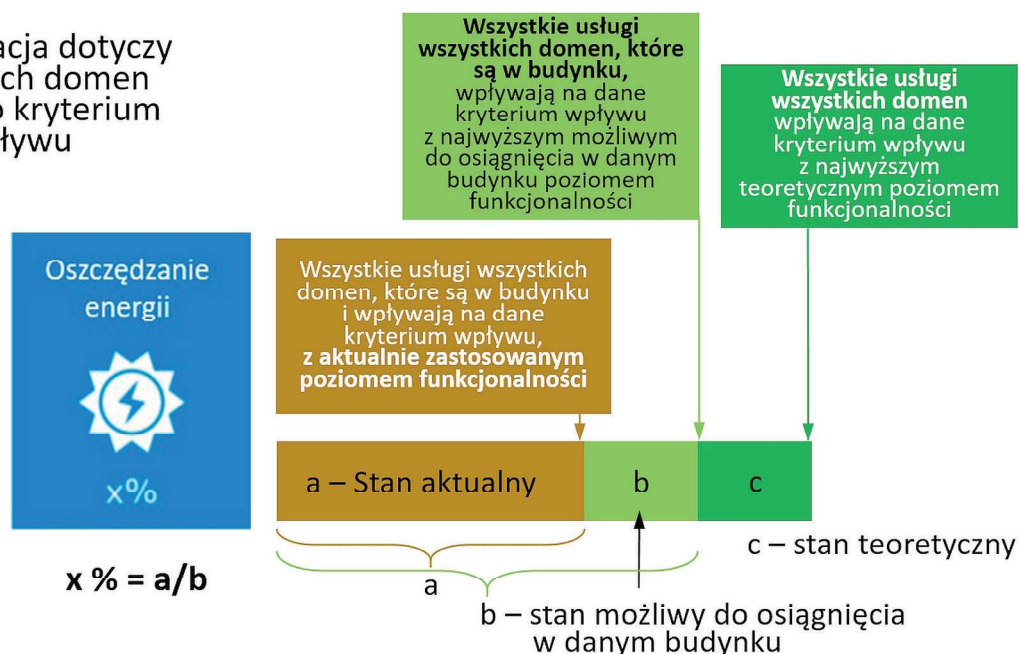
Zbiorcze wyniki oddziaływania wszystkich domen na każde kryterium oceny także podlegają normalizacji przez odniesienie ich do możliwych do osiągnięcia wartości maksymalnych przy najwyższych poziomach funkcjonalności usług każdej domeny. Zasadę procesu normalizacji wpływu zbiorczego wszystkich domen na każde kryterium wpływu przedstawiono na Rys. 8.

Efektem obliczeń przeprowadzonych w kroku 6. jest uzyskanie zbiorczych (sumarycznych) znormalizowanych wyników wpływu wszystkich domen na każde kryterium wpływu. To z tych wartości w wyniku agregacji poziomej z wykorzystaniem współczynników wagowych określających wpływ danego kryterium wpływu na wartość wskaźnika SRI otrzymamy końcowy wynik zbiorczy wartości wskaźnika SRI całego budynku. Wynik kroku 6. zilustrowano w Tab. 21. Przy okazji warto odnotować maksymalne wyniki zbiorcze wpływu domen na dane kryterium wpływu przy najwyższych poziomach funkcjonalności usług, ponieważ będą one potrzebne również przy normalizacji wskaźnika SRI. Ilustrację tych wyników przedstawiono w ostatnim wierszu Tab. 22.

Tab. 20. Agregacja pionowa – obliczenie oddziaływania wszystkich domen na każde kryterium oceny

CWU – ciepła woda użytkowa DPB – dynamiczna powłoka budynku PE – pojazdy elektryczne		Oszczędzanie energii	Obsługa i zapobieganie awariom	Komfort	Wygoda	Zdrowie i dobre samopoczucie	Informacje dla użytkownika	Elastyczność energetyczna
Domeny		x%	x%	x%	x%	x%	x%	x%
Wpływ wszystkich domen na każde kryterium wpływu								
	Ogrzewanie	?	?	Agregacja pionowa – ważona suma wpływu wszystkich domen na dane kryterium wpływu	?	?	?	?
	Chłodzenie	?	?		?	?	Wpływ domeny Chłodzenie na kryterium info dla użytkownika	?
	CWU	?	?		?	?	?	?
	Wentylacja	?	?		?	?	?	?
	Oświetlenie	?	?		?	?	?	?
	DPB	Wpływ domeny DPB na kryterium Oszczędz. energii	?		?	?	?	?
	Elektryczność	?	?		?	?	?	?
	Ładowanie PE	?	?		?	?	?	?
	Monitoring i ster.	?	?		?	?	?	?

Normalizacja dotyczy wszystkich domen i każdego kryterium wpływu



Rys. 8. Normalizacja agregacji pionowej – zbiorczego wpływu domen na dane kryterium wpływu

Tab. 21. Wyniki agregacji pionowej – zbiorczy wpływ wszystkich domen na każde kryterium wpływu

Domeny	Oszczędzanie energii $x\%$	Obsługa i zapobieganie awariom $x\%$	Komfort $x\%$	Wygoda $x\%$	Zdrowie i dobre samopoczucie $x\%$	Informacje dla użytkownika $x\%$	Elastyczność energetyczna $x\%$
Wpływ wszystkich domen na każde kryterium wpływu →	A	B	C	D	E	F	G

Przedstawione na rysunku poszczególne wartości A, B, C, D, E, F i G, będące wynikami agregacji pionowej, reprezentują w procentach poziom spełnienia przez budynek wymagań stawianych przez EPBD 2018 i EPBD 2024 w poszczególnych kategoriach właściwości. Wartości są znormalizowane w odniesieniu do najwyższych możliwych do osiągnięcia

pułapów przy najwyższych poziomach funkcjonalności usług.

Liczba A przedstawia poziom spełnienia wymagań w zakresie oszczędzania energii, liczba B przedstawia poziom spełnienia wymagań w zakresie pewności działania, liczba C przedstawia poziom spełnienia wymagań w zakresie komfortu itd.

Tab. 22. Rzeczywiste i maksymalne wyniki zbiorczego oddziaływania domen na poszczególne kryteria oceny właściwości budynku

Rzeczywiste wyniki zbiorcze wpływu domen na kryteria oceny właściwości budynku przy istniejących poziomach funkcjonalności usług						
Wynik kryterium Oszczędzanie energii	Wynik kryterium Obsługa i zapobieganie awariom	Wynik kryterium Komfort	Wynik kryterium Wygoda	Wynik kryterium Zdrowie i dobre samopoczucie	Wynik kryterium Informacje dla użytkownika	Wynik kryterium Elastyczność energetyczna
A	B	C	D	E	F	G
Maksymalne wyniki zbiorcze wpływu domen przy najwyższych poziomach funkcjonalności usług						
A'	B'	C'	D'	E'	F'	G'

Krok 7: Dobór współczynników wagowych dla wymaganych właściwości budynku

Przed wykonaniem agregacji poziomej konieczne jest ustalenie znaczenia (wagi) poszczególnych kryteriów wpływu (właściwości budynku) i wartości ich udziału w obliczeniu wartości końcowej SRI. Waga przypisana do każdego kryterium wpływu będzie zależać od względnego wpływu danego kryterium na gotowość

budynku do inteligencji. Suma wag dla wszystkich kryteriów wpływu musi oczywiście wynosić 100%.

Raport końcowy w sprawie wsparcia technicznego na rzecz opracowania wskaźnika gotowości budynków do inteligencji (Verbeke et al. 2020) zawiera propozycję doboru współczynników wagowych dla kryteriów wpływu. Ilustrację tej propozycji przedstawiono na Rys. 9, a podsumowanie zaprezentowano w Tab. 23.



Rys. 9. Propozycja doboru współczynników wagowych do agregacji poziomej

Tab. 23. Współczynniki wagowe do agregacji poziomej

Współczynniki wagowe do obliczenia wartości końcowej wskaźnika SRI						
Wpływ kryterium Oszczędzanie energii	Wpływ kryterium Obsługa i zapobieganie awariom	Wpływ kryterium Komfort	Wpływ kryterium Wygoda	Wpływ kryterium Informacje dla użytkownika	Wpływ kryterium Informacje dla użytkownika	Wpływ kryterium Elastyczność energetyczna
16,7%	16,7%	8,3%	8,3%	8,3%	8,3%	33,3%

Krok 8: Agregacja pozioma – obliczenie całkowitej wartości wskaźnika SRI

Obliczenie finalnej wartości wskaźnika SRI polega na wyznaczeniu średniej ważonej z wartości zbiorczego wpływu domen na poszczególne kryteria wpływu. Ilustrację tej idei przedstawiono na Rys. 10.

Obliczenie polega na zsumowaniu iloczynów zbiorczych wartości wpływu domen na kryteria

wpływu w rzeczywistym budynku i współczynników wagowych określających udział danego kryterium wpływu w wyniku końcowym SRI. Otrzymany wynik podlega normalizacji w odniesieniu do zbiorczych wartości oddziaływania na kryteria wpływu przy maksymalnych poziomach funkcjonalności wszystkich usług występujących w budynku. Ilustrację danych i działań potrzebnych do obliczenia znormalizowanej wartości wskaźnika SRI przedstawiono w Tab. 24.



Rys. 10. Idea agregacji poziomej wyników kryteriów wpływu w celu obliczenia wartości końcowej wskaźnika SRI

Tab. 24. Procedura obliczania i normalizacji wartości końcowej wskaźnika SRI

Rzeczywiste wyniki zbiorcze wpływu domen na kryteria oceny właściwości budynku						
Wynik kryterium Oszczędzanie energii	Wynik kryterium Obsługa i zapobieganie awariom	Wynik kryterium Komfort	Wynik kryterium Wygoda	Wynik kryterium Zdrowie i dobre samopoczucie	Wynik kryterium Informacje dla użytkownika	Wynik Kryterium Elastyczność energetyczna
A	B	C	D	E	F	G
Maksymalne wyniki zbiorcze wpływu domen przy najwyższych poziomach funkcjonalności usług						
A'	B'	C'	D'	E'	F'	G'
Współczynniki wagowe znaczenia kryteriów oceny dla wyniku końcowego SRI						
Wpływ kryterium Oszczędzanie energii	Wpływ kryterium Obsługa i zapobieganie awariom	Wpływ kryterium Komfort	Wpływ kryterium Wygoda	Wpływ kryterium Zdrowie i dobre samopoczucie	Wpływ kryterium Informacje dla użytkownika	Wpływ kryterium Elastyczność energetyczna
a	b	c	d	e	f	g
16,7%	16,7%	8,3%	8,3%	8,3%	8,3%	33,3%
Wartość końcowa wskaźnika SRI (przed normalizacją)						
SRI nieznormalizowany = A × a + B × b + C × c + D × d + E × e + F × f + G × g						
Wartość odniesienia wskaźnika SRI, gdyby poziomy funkcjonalności usług były maksymalne						
SRI odniesienia = A' × a + B' × b + C' × c + D' × d + E' × e + F' × f + G' × g						
Wynik znormalizowany SRI = SRI _{nieznormalizowany} /SRI _{odniesienia} [%]						

Wyniki ewaluacji wskaźnika SRI

Arkusz kalkulacyjny SRI_v4.5, udostępniony do testowania metodyki ewaluacji wskaźnika SRI przez DG ENER, umożliwia wygenerowanie raportu wyniku ewaluacji. Raport obejmuje część informacyjną o budynku i audytorze (Rys. 11) oraz szczegółowe wyniki ewaluacji (Rys. 12–14).

Wynik końcowy SRI przedstawia ocenę gotowości do inteligencji ocenianego budynku, czyli poziom wykorzystania w budynku inteligentnych technologii

i rozwiązań. Wyniki kryteriów wpływu obrazują poziom spełnienia przez budynek współczesnych wymagań zdefiniowanych w EPBD 2018. Są to wyniki agregacji pionowej, przedstawiające łączne oddziaływanie domen na każde kryterium wpływu (patrz Rys. 12). To z nich właśnie powstaje wynik końcowy wartości SRI po obliczeniach przedstawionych w Tab. 24.

Wyniki domen (Rys. 13) ilustrują poziom wykorzystania w poszczególnych domenach inteligentnych rozwiązań. Wyniki te wskazują wstępnie potencjalne kierunki modernizacji instalacji technicznych budynku.

Raport z ewaluacji wskaźnika gotowości budynku do inteligencji (SRI) - przykład

INFORMACJE O AUDYTORZE	
Nazwisko i imię	Nazwisko i imię
Organizacja	Organizacja
Kontakt	
adres e-mail:	adres e-mail
Nr telefonu (opcjonalnie)	telefon

OGÓLNE INFORMACJE O BUDYNKU	
Typ budynku	niemieszkalny
Sposób użytkowania	niemieszkalny - pozostałe
Lokalizacja	Polska
Strefa klimatyczna	Europa Północno-Wschodnia
Całkowita powierzchnia użytkowa budynku	10.000 - 25.000 m²
Rok budowy	1990 - 2010
Stan budynku	Oryginalny
	Budynek przykładowy
Proszę zamieścić krótki opis budynku	
Adres	Kraków

Wybrana metodyka oceny	
Współczynniki wagowe	Domyślne
Preferowany katalog usług	B
Domeny w budynku	
Czy następujące systemy techniczne występują w budynku?	
Jeżeli nie, to czy są obowiązkowe w nowych budynkach w Polsce?	
1 - Domena występuje w budynku; 2 - Domeny nie ma, ale jest obowiązkowa; 0 - Domeny nie ma i nie jest obowiązkowa	
Ogrzewanie	1
Ciepła woda użytkowa	1
Chłodzenie	1
Wentylacja wymuszona	1
Oświetlenie	1
Dynamiczna powłoka budynku	1
Elektryczność - OZE, magazyny i sieć	0
Ładowanie pojazdów elektrycznych	0
Monitoring i sterowanie	1

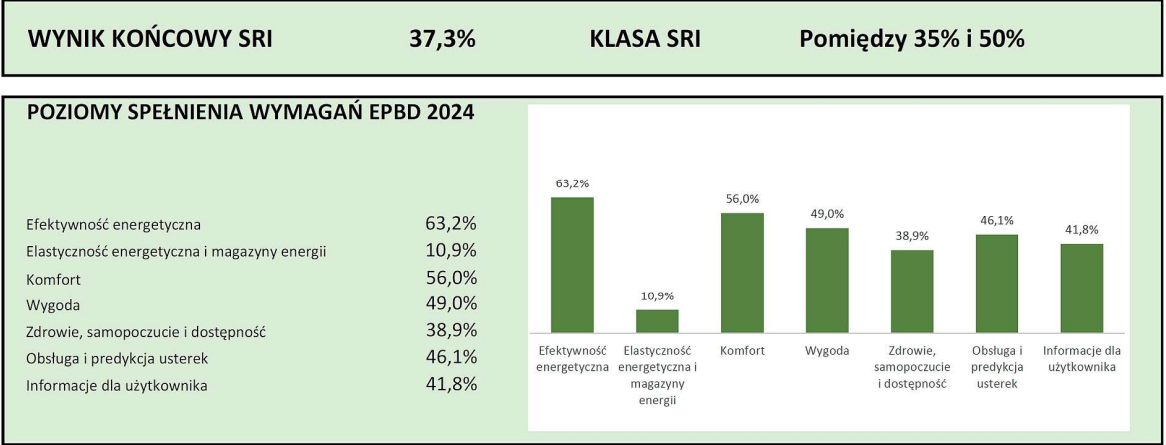
DATA AUDYTU	
Rok	2024
Miesiąc	3
Dzień	4

Rys. 11. Raport z wynikiem audytu – część informacyjna o budynku i audytorze

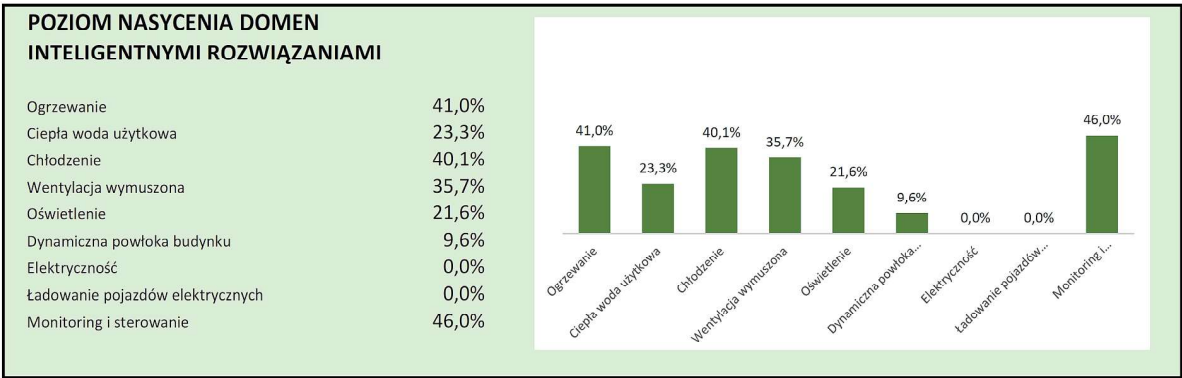
Raport z ewaluacji wskaźnika gotowości budynku do inteligencji (SRI) - przykład

Obliczenia SRI zostały wykonane za pomocą narzędzia eksperymentalnego. Należy pamiętać, że wyniki i wizualna prezentacja wyników służą wyłącznie do celów testowych. Korzystanie z tego eksperymentalnego narzędzia w żadnym wypadku nie może prowadzić do roszczeń dotyczących rzeczywistej punktacji lub certyfikatu budynku.

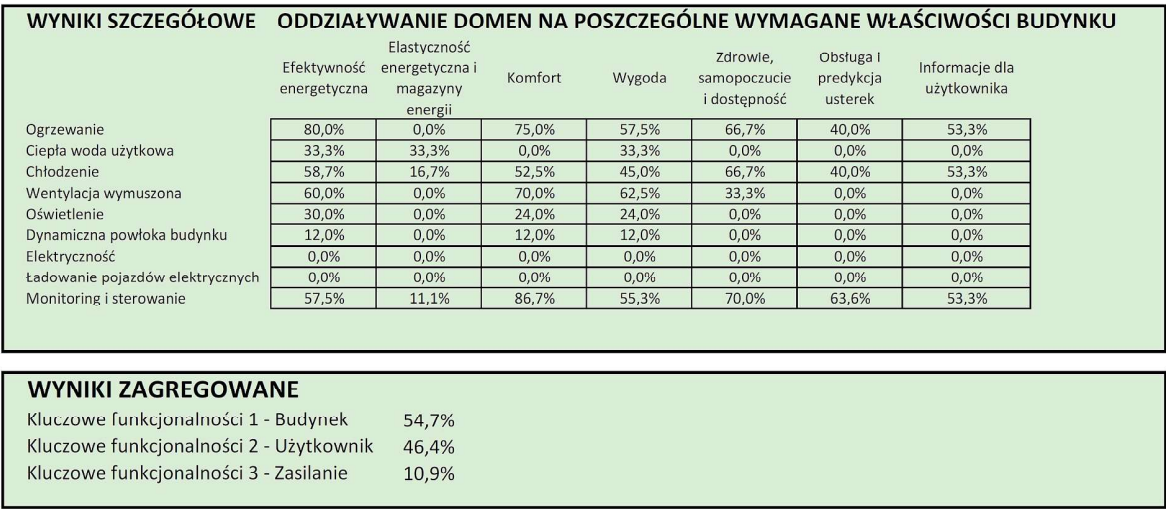
Arkusz kalkulacyjny SRI



Rys. 12. Raport z wynikiem audytu – całkowity wynik końcowy wskaźnika SRI dla budynku oraz wyniki oceny spełniania przez budynek wymagań EPBD 2024



Rys. 13. Wyniki gotowości do inteligencji poszczególnych domen



Rys. 14. Szczegółowe i zagregowane wyniki ewaluacji

Wyniki szczegółowe są ilustracją wypełnionej macierzy z Tab. 18. Przedstawiają one cząstkowe oddziaływanie każdej domeny na każde kryterium wpływu. Z tabeli można odczytać dokładne poziomy oddziaływania każdej domeny na każdą grupę wymaganych właściwości budynku. Przykładowo możemy zauważyć, że domena **ogrzewanie** jest wysoko nasycona inteligentnymi technologiami w zakresie efektywności energetycznej (sterowanie ogrzewaniem na wysokim poziomie funkcjonalności, z pewnością z indywidualnym sterowaniem emisją w pomieszczeniach w zależności od potrzeb), ale domena **oświetlenie** ma sterowanie z niskimi poziomami funkcjonalności. Tylko niektóre z domen w tym przykładzie dostarczają informacji dla użytkownika (**ogrzewanie**, **chłodzenie** oraz **monitoring i sterowanie**).

Wyniki zagregowane pokazują poziom spełnienia współczesnych wymagań wobec badanego obiektu w trzech obszarach – dotyczących budynku, oczekiwań użytkownika oraz możliwości współpracy budynku z inteligentnymi sieciami zasilającymi oraz lokalnymi źródłami i magazynami energii. Szczegółowa analiza wszystkich wyników ewaluacji pozwala opracować program kierunków modernizacji instalacji technicznych budynku i dokonać wyboru działań przynoszących największe korzyści. Ewaluacja testowa budynku z symulacją planowanych modernizacji i wstępną oceną kosztów modernizacji oraz przyszłych kosztów eksploatacji umożliwia podejmowanie racjonalnych decyzji.

Podsumowanie

Ewaluacja wskaźnika gotowości budynku do inteligencji polega na szczegółowym audycie dotyczącym instalacji technicznych budynków, ich funkcjonalności oraz sposobów sterowania. Celem audytu jest zebranie danych niezbędnych do przeprowadzenia obliczeń. Procedura ewaluacji wymaga przejścia ośmiu kroków, które zostały szczegółowo przedstawione w artykule.

Należy pamiętać, że metodyka szacowania wartości wskaźnika SRI, oparta na *Raporcie końcowym...*

(Verbeke et al. 2020), jest aktualnie w fazie testów w państwach członkowskich Unii Europejskiej. Ich efekty oraz inne wnioski dotyczące metodyki mogą wpłynąć na ostateczną formę obliczania wartości wskaźnika. Według najnowszej aktualizacji dyrektywy EPBD z 24 kwietnia 2024 r. (Directive (EU) 2024/1275) Komisja Europejska do 30 czerwca 2026 r. ma obowiązek przedłożyć Parlamentowi Europejskiemu i Radzie sprawozdanie dotyczące testowania metodyki i wdrażania wskaźnika gotowości budynków do inteligencji na podstawie dostępnych wyników i doświadczeń zebranych podczas realizacji testów ewaluacji w państwach członkowskich oraz innych powiązanych z tym tematem projektów. W związku z tym można się spodziewać, że oficjalna faza testów metodyki w UE zakończy się przed 31 grudnia 2025 r., tak aby do 30 czerwca 2026 r. można było przygotować wnioski z europejskiej fazy testów, a także przedstawić finalną wersję metodyki ewaluacji SRI. Do 30 czerwca 2027 r. Komisja Europejska jest zobowiązana rozszerzyć dyrektywę EPB o obowiązek wdrożenia ogólnoeuropejskiego systemu oceny SRI dla budynków niemieszkalnych o zapotrzebowaniu na moc dla instalacji ogrzewania, chłodzenia i wentylacji powyżej 290 kW, a także określić warunki techniczne wdrożenia tego obowiązku (Directive (EU) 2024/1275: 34).

O ile nie należy spodziewać się zasadniczych zmian w metodyce przedstawionej w niniejszym artykule, to można oczekiwać aktualizacji i rozszerzenia katalogu usług oraz wprowadzenia bardziej konsekwentnego i jednolitego podejścia do klasyfikacji poziomów funkcjonalności usług z zachowaniem pięciu poziomów funkcjonalności dla wszystkich usług, w rozbiciu na usługi dotyczące źródeł, systemów dystrybucji i systemów emisji energii w budynkach. Klasyfikacja usług i poziomów ich funkcjonalności opracowana została na podstawie normy EN 15232 w wersjach z lat 2007–2017. Norma ta została zastąpiona normą międzynarodową EN ISO 52120-1 w roku 2022, ale niestety przy zachowaniu wszystkich niedoskonałości normy pierwotnej. Skutkuje to po pierwsze nieuwzględnianiem w klasyfikacji usług wielu nowych technologii w zakresie realizacji funkcji

związanych z komfortem, a po drugie przeniesieniem z normy do metodyki SRI niekonsekwencji dotyczących poziomów funkcjonalności usług.

Tematyka ewaluacji wskaźnika SRI jest aktualnie również przedmiotem prac Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego (CEN), w tym opracowania norm dotyczących zarówno metodyki obliczeń wskaźnika SRI, jak i zasad przeprowadzania audytów i wydawania certyfikatów SRI. Przedmiotem prac CEN jest także aktualizacja normy EN ISO 52120 dotyczącej wpływu systemów sterowania i automatyki na efektywność energetyczną budynków.

Praca wykonana w ramach projektu pt. Obserwatorium Transformacji Energetycznej jako instrument wspierania społeczno-gospodarczego rozwoju Polski (OTE) współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu badań naukowych i prac rozwojowych „Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków” GOSPOSTRATEG.

Bibliografia:

- COM(2016)860, *Clean Energy For All Europeans* (2016), EU Monitor, https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j4nvhdcs8blja_j9vvik7m1c3gyxp/vk9u7wdj2bzl [dostęp: 10.12.2024].
- De Groote M., Fabbri M. (2016), *Smart Buildings in a Decarbonised Energy System*, BPIE, <https://bpie.eu/wp-content/uploads/2016/11/BPIE-10-principles-final.pdf>, [dostęp: 10.12.2024].
- Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the Energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on Energy efficiency, <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj> [dostęp: 10.12.2024].
- Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings, <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj/eng> [dostęp: 10.12.2024].
- EN 15232-1:2017 – *Energy Performance of Buildings – Part 1: Impact of Building Automation, Controls and Building Management*, CEN 2017.
- EN ISO 52120-1:2022-09 – *Energy Performance of Buildings – Contribution of Building Automation, Controls and Building Management – Part 1: General Framework and Procedures*, CEN 2022.
- Kwasnowski P. (2024), SRI – inteligentne budynki w świetle dyrektywy EPBD-2018 – cz. I, „Inżynier Budownictwa” 3: 56–62.
- Ma Y., Verbeke S., Protopapadaki Ch., Dourlens-Quaranta S. (2023), *Assessment Package: Practical Guide SRI Calculation Framework v4.5*, <https://green-with-it.de/wp-content/uploads/2024/08/Practical-Guide-SRI-calculation-framework-v4.5.pdf> [dostęp: 10.12.2024].
- Verbeke S., Aerts D., Reynders G., Ma Y., Waide P. (2020), *Final Report on the Technical Support to the Development of a Smart Readiness Indicator for Buildings*, European Commission, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f9e6d89d-fbb1-11ea-b44f-01aa75ed71a1> [dostęp: 10.12.2024].
- Verbeke S., Ma Y., Tichelen P., Bogaert S., Waide P., Usler M., Schulte J., Bettgenhäuser K., John A., Hermelink A., Offermann M., Groezinger J. (2018), *Support for Setting up a Smart Readiness Indicator for Buildings and Related Impact Assessment*, <https://www.beama.org.uk/static/93c20364-5056-4563-bda-836993213f76a/Smart-Readiness-Indicator-Second-Progress-report.pdf> [dostęp: 10.12.2024].

Methodology of evaluating the Smart Readiness Indicator for buildings

Abstract: The article discusses the methodology of evaluating the smart readiness indicator of buildings (SRI). Against the background of a brief history of the Energy Performance of Buildings Directives (EPBDs), the rationale for the initiative to develop the smart readiness indicator (SRI) of buildings is explained and the purpose of the indicator is discussed. The definition of SRI is presented, as well as the definition of building smartness. The basic concepts used in the methodology of indicator evaluation are explained. The 8 steps that make up the evaluation process are discussed in detail. The idea and methodology of the evaluation are explained, as well as the purpose of each step and the result of the evaluation. In the summary, it was noted that the methodology for evaluating the smart readiness indicator of buildings is currently in the testing phase in the Member States of the European Union. The implementation of the obligation to evaluate selected types of buildings in terms of readiness for smartness is planned after further decisions of the European Parliament and the Council in the second half of 2027.

Keywords: EPBD, smart building, SRI, smart readiness indicator of a building

Paweł Kwasnowski

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Wydział Elektrotechniki, Automatyki,
Informatyki i Inżynierii Biomedycznej
kwasn@agh.edu.pl

