

Analiza inwestycji budowlanej pod kątem możliwości ograniczenia negatywnego oddziaływania na środowisko



Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej



Urząd
Zamówień
Publicznych

Opracowanie na zlecenie Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej, przy współpracy z Urzędem Zamówień Publicznych,
wykonała Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A.



Zespół:

dr inż. Arkadiusz Węglarz

dr inż. Agnieszka Kaliszuk-Wietecha

dr inż. Szymon Firląg

mgr inż. Anna Wierzchołowska-Dziedzic

mgr inż. Joanna Ogrodniczuk

Luty 2020

Szanowni Państwo,

oddajemy w Państwa ręce opracowanie pn. „Analiza inwestycji budowlanej pod kątem możliwości ograniczenia negatywnego oddziaływania na środowisko”. Stanowi ono praktyczny poradnik dla zamawiających, którzy planują przeprowadzenie postępowania przetargowego na wzniesienie nowego budynku lub realizację istotnych prac modernizacyjnych w obiekcie już istniejącym.

Celem opracowania jest przybliżenie, w formie przystępnej również dla osób niezajmujących się na co dzień zlecaniem zamówień na roboty budowlane i niespecjalizujących się w dziedzinie budownictwa, informacji na temat tego w jaki sposób budynek i jego poszczególne elementy mogą wpływać na środowisko i na co należy zwrócić uwagę, planując inwestycję budowlaną przyjazną środowisku.

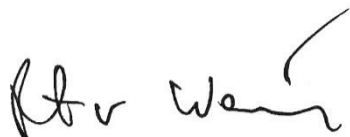
W materiale znajdziecie Państwo informacje na temat wynikających z przepisów prawa wymagań bazowych dla budynku w kontekście izolacyjności termicznej przegród oraz zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną. W poradniku dokonano także analizy wpływu na środowisko rozwiązań architektonicznych, elementów obudowy zewnętrznej budynku, jak również jego instalacji. Indywidualne omówienie elementów inwestycji budowlanej pozwoliło na określenie ich charakterystyki środowiskowej oraz dobór rozwiązań minimalizujących wpływ środowiskowy – od standardowego spełniającego minimalne wymogi wynikające ze stosownych przepisów prawnych, aż do najbardziej zaawansowanego ekologicznie.

Oczywiście materiał nie stanowi wyczerpującego kompendium wiedzy na temat możliwych rozwiązań pozwalających na realizację przyjaznej środowisku inwestycji budowlanej ani nie stanowi gotowego wzorca postępowania. Każdorazowo, planując postępowanie o udzielenie zamówienia publicznego na roboty budowlane, należy indywidualnie analizować potrzeby i możliwości w konkretnym zamówieniu. Trzeba też pamiętać, że realizacja inwestycji budowlanej to złożony proces, w którym efektywność rozwiązań zastosowanych na jednym etapie niejednokrotnie warunkowana jest uwzględnieniem odpowiednich rozwiązań na innym etapie. Liczymy jednak, że niniejszy materiał będzie dla Państwa przydatną informacją, która ułatwi zaplanowanie, udzielenie i realizację zamówienia na wzniesienie nowego bądź modernizację istniejącego budynku z uwzględnieniem jego oddziaływania na środowisko.

Opracowanie jest jednym z efektów *Porozumienia w sprawie współpracy na rzecz rozwoju zielonych zamówień publicznych*, które 26 kwietnia 2019 r. w Warszawie zawarły Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz Urząd Zamówień Publicznych. Jest jednocześnie pierwszą częścią przedsięwzięcia, w ramach którego planowane jest również stworzenie interaktywnej mapy inwestycji budowlanej, która w formie graficznej prezentować będzie informacje na temat wpływu poszczególnych elementów budynku na środowisko i możliwości ograniczenia ich negatywnego oddziaływania na stan środowiska naturalnego. Wyrażamy nadzieję, że opracowane dokumenty będą pomocne również przy przygotowaniu i realizacji projektów dofinansowanych ze środków Narodowego Funduszu – tym bardziej, że

już niebawem zostaną wprowadzone w formie pilotażu, jako dodatkowe kryteria oceny w projektach, kryteria środowiskowe bazujące m.in. na wiedzy zawartej w niniejszym opracowaniu.

Zachęcamy do zapoznania się z materiałem i stosowania w realizowanych przez Państwa inwestycjach budowlanych rozwiązań sprzyjających środowisku.



Piotr Woźny

Prezes

*Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej*



Hubert Nowak

Prezes

*Urzędu Zamówień
Publicznych*

Spis treści

1.	Słownik pojęć i oznaczenia	6
2.	Wprowadzenie	9
1.1.	Cel opracowania	9
1.2.	Oddziaływanie budynków na środowisko naturalne	10
1.3.	Oddziaływanie elementów budynków na środowisko	14
3.	Wymagania bazowe wynikające z Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie oraz ustawy o charakterystyce energetycznej budynków	16
3.1.	Izolacyjność termiczna przegród	16
3.2.	Zużycie nieodnawialnej energii pierwotnej	19
4.	Analiza wpływu na środowisko rozwiązań architektonicznych	23
5.	Analiza wpływu na środowisko elementów obudowy zewnętrznej budynku	29
5.1.	Wprowadzenie – wpływ konstrukcji obiektu na środowisko	29
5.2.	Ściany	33
5.3.	Podłogi na gruncie i ściany stykające się z gruntem	42
5.4.	Stropy wewnętrzne	45
5.5.	Stropodachy (dachy zielone) i dachy	46
5.6.	Stolarka okienna i drzwiowa, świetliki	49
5.7.	Mostki cieplne	54
5.8.	Szczelność powietrzna	57
6.	Analiza wpływu na środowisko instalacji budynku	60
6.1.	Źródło ciepła	60
6.2.	Źródło chłodu	67
6.3.	Instalacja oświetlenia	70
6.3.1.	Oświetlenie zewnętrzne	71
6.3.2.	Oświetlenie wewnętrzne	75
6.4.	Odnawialne źródła energii	77
6.5.	System zarządzania budynkiem (BMS)	80
6.6.	Liczniki zużycia energii i wody	84
6.7.	Instalacja wodociągowa	86
6.8.	Instalacja grzewcza	92
6.9.	Instalacja wentylacyjna i klimatyzacyjna	96
6.10.	Kanalizacja ściekowa i deszczowa	102
7.	Podsumowanie	104

1. Słownik pojęć i oznaczenia

Analiza zagadnień związanych z negatywnym oddziaływaniem na środowisko wymaga wyróżnienia i zrozumienia pojęć wiążących budownictwo z ekologią i oddziaływaniem na środowisko. Wiele z nich jest bowiem mylonych i błędnie stosowanych.

Budynek ekologiczny to budynek zdrowy dla użytkowników i oddziałujący na środowisko w minimalnym stopniu, a więc taki, który cechuje zharmonizowana relacja z otoczeniem. Mowa tu o otaczającej roślinności charakterystycznej dla rejonu czy oczkach wodnych, często stosowanych w celu wytworzenia korzystnego mikroklimatu. Budynek ma być zbudowany z ekologicznych materiałów, w których produkcji i montażu nie wymaga się dużej ilości energii i które są łatwe do recyklingu. Szczególną wagę przywiązuje się również do gospodarowania odpadami, które nie mogą zanieczyszczać powietrza, wody ani gleby. Dotyczy to odpadów produkowanych zarówno w trakcie eksploatacji budynku, jak i podczas procesu budowlanego, co oznacza minimalizację uciążliwości procesu budowy na środowisko naturalne.

Budynek netto zero energetyczny (nZEB) – budynek o zerowym zużyciu energii w cyklu rocznym – 0 kWh/(m²rok).

Budynek niemal netto zero energetyczny (nnZEB) – budynek określony przy wykorzystaniu reguły krajowego kosztu optymalnego, zużywający więcej niż 0 kWh/(m²rok) energii pierwotnej.

Budynek pasywny to taki budynek, dla którego zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania wynosi mniej niż 15 kWh/(m²rok) rocznie. Budynek pasywny jest obiektem bardzo dobrze izolowanym ($U < 0,15$ W/m²K dla wszystkich nieprzezroczystych przegród zewnętrznych oraz $U < 0,80$ W/m²K dla okien i drzwi), szczelnym i posiadającym odpowiedni system wentylacji z odzyskiem ciepła oraz nieposiadający mostków termicznych i wykorzystujący ciepło z otoczenia (tzw. ciepło bytowe). W domu wybudowanym w technologii pasywnej można praktycznie całkowicie zrezygnować z systemu centralnego ogrzewania. Grzejniki mogą pojawić się jedynie w pomieszczeniach, w których wymagana jest wyższa o kilka stopni temperatura, czyli np. w łazienkach. W pozostałych wystarczy dogrzewanie powietrza wentylacyjnego. W tych obiektach zarówno systemy oświetlenia, jak i sprzęty AGD, RTV, IT muszą być efektywne energetycznie, czyli posiadać najlepszą klasę energetyczną (A+++). Według pierwotnych wytycznych budynki pasywne miały mieć wskaźnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną mniejszy niż 120 kWh/(m²rok) – dziś muszą spełnić wyższe wymagania.

Budynek zeroenergetyczny to budynek samowystarczalny pod względem energetycznym. Charakteryzuje się doskonałą izolacyjnością przegród zewnętrznych, odzyskiem ciepła z wentylacji i maksymalnym wykorzystaniem zysków ciepła. Budynek zeroenergetyczny nie wymaga dostarczania energii ze źródeł konwencjonalnych ani do ogrzewania, ani do oświetlenia, ani do zasilania sprzętu AGD. W przypadku takiego budynku całkowicie rezygnuje się z zewnętrznych źródeł energii, takich jak energia elektryczna z sieci, urządzenia opalane gazem lub olejem opałowym. Zastosowane rozwiązania techniczne umożliwiają znaczne

ograniczenie zużycia energii w stosunku do budynku typowego, a zintegrowane z jego konstrukcją odnawialne źródła energii (moduły fotowoltaiczne, kolektory słoneczne, gruntowa pompa ciepła) są w stanie pokryć niemal całkowicie zapotrzebowanie budynku na energię na potrzeby grzewcze i bytowe.

Budynek zrównoważony to budynek przyjazny środowisku naturalnemu i człowiekowi, zgodny z zasadami zrównoważonego rozwoju. Na wszystkich etapach życia takiego budynku uwzględnia się metody oszczędzania zasobów naturalnych i dbania o środowisko. Budynek powinien być wzniesiony z uwzględnieniem uwarunkowań przestrzennych i wzajemnych relacji z sąsiadującymi obiektami, co decyduje m.in. o jego następcznieniu i tym samym o energochłonności.

Dom niskoenergetyczny to taki, dla którego wskaźnik energii użytkowej do ogrzewania nie przekracza 40 kWh/(m²rok).

Energia końcowa to energia dostarczana do budynku. Zapotrzebowanie na energię końcową uwzględnia straty wynikające ze sprawności systemów instalacyjnych, w tym również zapotrzebowanie na energię do chłodzenia, a w budynkach użyteczności publicznej także oświetlenia wbudowanego. Jest to energia szczególnie istotna dla użytkownika budynku, gdyż wiąże się z kosztami ponoszonymi na jego eksploatację zgodnie z jego przeznaczeniem. Zapotrzebowanie na energię końcową przedstawia się w postaci wskaźnika energii końcowej EK, przeliczonego na 1 m², czyli w kWh/(m²rok). Energia elektryczna lub cieplna wyprodukowana na miejscu, zużyta na potrzeby budynku (oświetlenie wbudowane, energia pomocnicza, energia elektryczna do napędu urządzeń chłodniczych dla klimatyzacji oraz ogrzewanie i podgrzewanie c.w.u.) może zmniejszyć zapotrzebowanie na energię końcową.

Energia przetworzenia to energia niezbędna w procesie rozbiórki obiektu i zagospodarowania odpadów.

Energia skumulowana to energia wbudowana oraz energia niezbędna do przeprowadzenia remontów i konserwacji, a także energia przetworzenia.

Energia użytkowa jest to energia wykorzystywana na potrzeby ogrzewania i wentylacji lub chłodzenia, niezbędna do utrzymania wymaganej temperatury pomieszczeń oraz do przygotowania ciepłej wody użytkowej. Oblicza się ją z bilansu cieplnego zysków (od promieniowania oraz bytowych) i strat ciepła (na przenikanie przez przegrody zewnętrzne oraz na ogrzanie powietrza wentylacyjnego). Nie uwzględnia rodzaju ani sprawności instalacji c.o., ani chłodzenia, ani c.w.u. Energia użytkowa nie zależy od sprawności systemu grzewczego, chłodzenia oraz ciepłej wody użytkowej. W przypadku ogrzewania im mniejsza wartość energii użytkowej, tym mniej ciepła tracimy przez przegrody zewnętrzne budynku i na wentylację. Wskaźnik ten jest wykorzystywany do oceny rozwiązań architektoniczno-budowlanych i zależy od lokalizacji budynku. Projektowanie energooszczędne polega na osiągnięciu jak najniższego współczynnika EU.

Energia wbudowana w budynek jest to energia potrzebna do wydobycia i przetworzenia surowców, wytworzenia materiałów, ich transportu i procesów wykonania elementów

budynku. Ujmuje tylko nakłady bezpośrednie, a pomija nakłady pośrednie potrzebne na demontaż lub/i utylizację.

Inteligentny budynek (IB) zgodnie z ogólną definicją to taki, który dzięki informacjom pochodzącym z różnych elementów systemu zarządzania może reagować na zmiany środowiska wewnątrz i na zewnątrz. Efektem jest maksymalizacja funkcjonalności, komfortu i bezpieczeństwa oraz minimalizacja kosztów eksploatacji i modernizacji. W dodatku inteligentny budynek nie powinien oddziaływać negatywnie ani na środowisko naturalne, ani na ludzi znajdujących się w jego wnętrzu.

Nieodnawialna energia pierwotna to energia zawarta w pierwotnych, nieodnawialnych nośnikach energii, takich jak węgiel kamienny, gaz ziemny lub ropa naftowa. W zapotrzebowaniu na energię pierwotną uwzględnione są straty przy wytwarzaniu i przesyłaniu energii, a także rodzaj nośnika energii. Energia pierwotna może być większa od końcowej od 10% w przypadku gazu lub o 300% dla prądu. Zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną przedstawia się w postaci wskaźnika nieodnawialnej energii pierwotnej EP przeliczonego na 1 m², czyli w kWh/(m² rok).

Systemy oceny wielokryterialnej to ustandaryzowane metody oceny budynków i ich wpływu na środowisko naturalne, ekonomiczne i społeczne. Podstawowymi cechami tych systemów są m.in. niezależność i wiarygodność (zewnętrzne jednostki certyfikujące), dobrowolność stosowania oraz promowanie zasad zrównoważonego rozwoju. Stosowanie systemów oceny wielokryterialnej może być pomocne na etapie projektowania oraz eksploatacji budynków i przyczynić się do redukcji kosztów eksploatacji, stworzenia zdrowszego, bardziej przyjaznego i produktywnego środowiska pracy oraz dodatkowej wartości dla najemców i inwestorów.

Oznaczenie symboli stosowanych w dokumencie	Wyjaśnienie
	Ryzyko nadmiernego zużycia wody
	Ryzyko większego zużycia energii
	Ryzyko większej emisji CO ₂
	Ryzyko większej emisji zanieczyszczeń do powietrza
	Ryzyko produkcji odpadów

2. Wprowadzenie

1.1. Cel opracowania

Przedmiotem opracowania jest analiza inwestycji budowlanej pod kątem możliwości ograniczenia negatywnego oddziaływania tego typu inwestycji na środowisko. Opracowanie koncentruje się na aspektach ekologicznych jej poszczególnych elementów, z pominięciem aspektów ekonomicznych. Przed podjęciem decyzji inwestycyjnej warto dokonać analizy pod kątem opłacalności ekonomicznej stosowanych rozwiązań, w oparciu o inne dostępne źródła i metodologie – należy jednak pamiętać, aby ekonomia nie stanowiła podstawowego kryterium ostatecznej decyzji.

Opracowanie przygotowywane jest z myślą o zamówieniach publicznych na usługi projektowania budynków użyteczności publicznej i infrastruktury towarzyszącej, takich jak: budynki biurowe/ administracyjne, szkoły i przedszkola oraz szpitale i przychodnie. Ma ono ułatwić instytucjom zamawiającym i udzielającym tego typu zamówienia uzyskanie informacji dotyczących:

- elementów budynku oraz infrastruktury towarzyszącej, które w zależności od zastosowanego rozwiązania technicznego/materiału budowlanego/installacji mogą wywierać istotny wpływ na stan środowiska naturalnego,
- rozwiązań umożliwiających ograniczenie negatywnego oddziaływania ww. elementów na środowisko.

W kolejnych rozdziałach analiza uwzględnia:

- wskazanie elementów budynku oraz infrastruktury towarzyszącej o istotnym potencjale oddziaływania na środowisko,
- wskazanie środków/rozwiązań, które pozwolą ograniczyć negatywne oddziaływanie ww. elementów na środowisko naturalne wraz ze szczegółowym opisem tych rozwiązań.

W przypadkach, w których istnieją rozwiązania alternatywne, zamieszczono także krótkie opisy tych rozwiązań. W większości przypadków, w formie tabelarycznej, wskazano, które z rozwiązań cechuje lepsza charakterystyka środowiskowa, a które można traktować jako równoważne. W tym celu zaproponowano kategorie rozwiązań: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa.

Analiza uwzględnia propozycję rozwiązań poszczególnych elementów. Opracowanie nie sugeruje jedynych „słusznych” rozwiązań. Na jego podstawie nie można również wnioskować, że zastosowanie wszystkich rozwiązań jednocześnie spowoduje uzyskanie budynku optymalnego pod kątem maksymalnego ograniczenia oddziaływania na środowisko. Wręcz przeciwnie, w niektórych przypadkach może powodować negatywne skutki. Inwestor, podejmując decyzję co do stawianych parametrów technicznych inwestycji budowlanej, winien uwzględnić lokalizację budynku i panujące na danym terenie warunki atmosferyczne.

Jednocześnie należy zaznaczyć, że przedstawiane w ramach niniejszego opracowania rozwiązania nie uwzględniają aspektów ekonomicznych tych rozwiązań. Oznacza to, że realizacja propozycji działań opisywanych jako lepsze niż standardowe (kategoria II) lub najlepsze (kategoria III) może wiązać się ze zwiększeniem kosztów inwestycyjnych. W niektórych przypadkach większe koszty inwestycyjne, np. z uwagi na lepiej zaizolowane przegrody, będą powodować zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych – mniejszy koszt ogrzewania z uwagi na mniejsze straty ciepła przez przenikanie. O wyborze optymalnego rozwiązania z punktu widzenia ekonomicznego powinna decydować analiza kosztów w cyklu życia budynku.

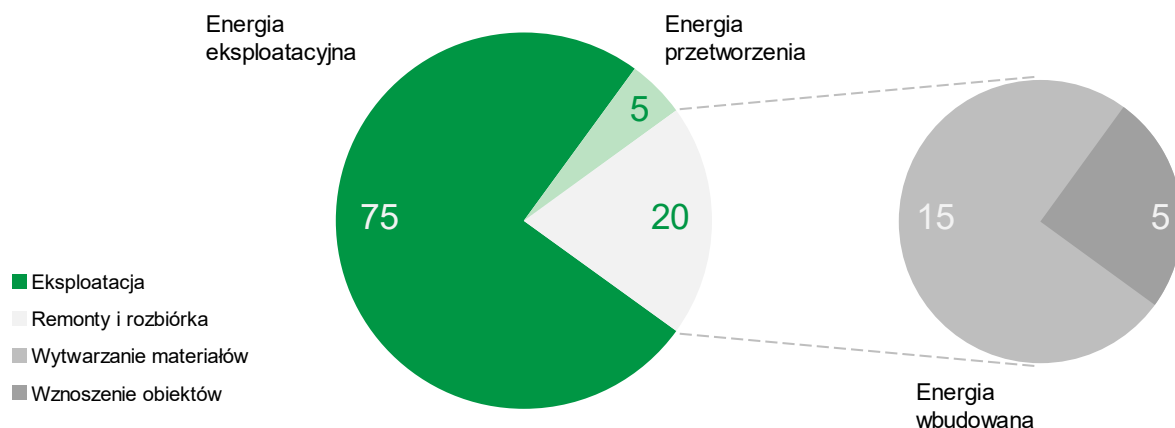
1.2. Oddziaływanie budynków na środowisko naturalne

Przystępując do analizy inwestycji budowlanej pod kątem możliwości ograniczenia negatywnego oddziaływania na środowisko należy rozważać wszystkie etapy procesu budowlanego: od projektu, przez budowę, eksploatację, aż do rozbiórki i utylizacji materiałów. Elementy, które należy poddać analizie to:

- oddziaływanie na etapie wznoszenia obiektu:
 - energia pierwotna, wbudowana przy produkcji najpierw materiałów, a następnie elementów budowlanych,
 - emisja CO₂ i innych zanieczyszczeń powietrza,
 - powstające odpady,
 - zużywana woda;
- oddziaływanie na etapie eksploatacji obiektu:
 - zużycie energii pierwotnej na etapie eksploatacji,
 - emisja CO₂ i innych zanieczyszczeń powietrza,
 - zużycie wody;
- oddziaływanie na etapie rozbiórki i utylizacji:
 - energia pierwotna potrzebna do rozbiórki,
 - powstające odpady i możliwość ich recyklingu.

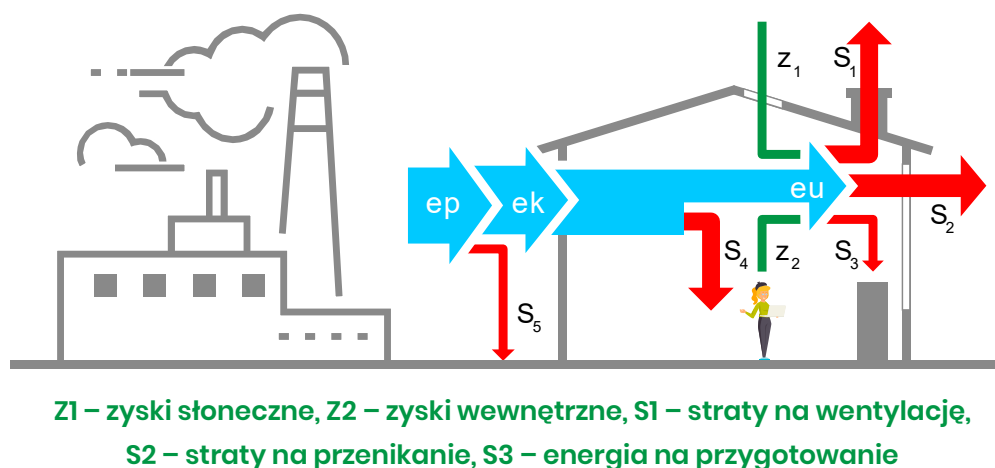
Na etapie projektowania w znacznym stopniu determinowane jest oddziaływanie obiektu na środowisko, również na dalszych etapach jego cyklu życia, i często późniejsze decyzje o ingerencji w obiekt, mające na celu np. zmniejszenie zapotrzebowania na energię, emisji CO₂ czy szkodliwych pyłów, co z kolei wiąże się z zapotrzebowaniem na dodatkową energię, produkcją odpadów, dodatkowym zużyciem wody itd.

Analizując zaprezentowane etapy pod kątem udziału energii zużytej na każdy z nich, można przyjąć, że ich wielkości kształtują się jak oszacowano na Rys. 2.1.



Rysunek 2.1 Szacunkowy udział poszczególnych rodzajów energii: wbudowanej, eksploatacyjnej i przetworzenia w cyklu życia budynku

Jednym z najistotniejszych etapów, ze względu na długość jego trwania, jest okres eksploatacji. Należy tu pamiętać głównie o zapotrzebowaniu na energię, które zależy w głównej mierze od izolacyjności elementów obudowy zewnętrznej, jakości systemów instalacyjnych, jak i źródła energii – wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Wszystkie niedociągnięcia lub nadmierne oszczędności skutkujące gorszą jakością materiałów czy błędy popełnione na etapie projektowania są często trudne do naprawienia i dużo bardziej kosztowne od zachowania odpowiednio wysokich standardów od początku inwestycji. Analizując zapotrzebowanie na energię eksploatacyjną można wziąć pod uwagę: energię użytkową (bilans zysków i strat ciepła przez przegrody oraz zapotrzebowanie energii na przygotowanie ciepłej wody użytkowej), energię końcową (kupowana przez użytkownika) i nieodnawialną energię pierwotną (pobrana bezpośrednio ze źródła energii) (Rys. 2.2.)



Rys.2.2. Schematyczne przedstawienie poszczególnych rodzajów energii¹

Przeliczenie zapotrzebowania poszczególnych rodzajów energii (użytkowej, końcowej i pierwotnej) na m² powierzchni o regulowanej temperaturze daje wskaźniki zapotrzebowania

¹ Agnieszka Kaliszuk-Witecka, Arkadiusz Węglarz, Nowoczesne budynki energoefektywne. Znowelizowane warunki techniczne, Polcen, Warszawa 2019.

energii użytkowej EU, końcowej EK i nieodnawialnej energii pierwotnej EP. Pozwalają one porównać między sobą różne obiekty i stanowią podstawę do stworzenia ich świadectw charakterystyki energetycznej (tzw. certyfikatów energetycznych). Oprócz świadectw charakterystyki energetycznej (obowiązkowych dla budynków nowych lub istniejących sprzedawanych lub wynajmowanych) istnieją również systemy certyfikacji wielokryterialnej (takie jak: BREEAM, LEED, DGNB, HQE, WELL). Systemy te oceniają budynki szerzej biorąc pod uwagę nie tylko aspekty energetyczne i ekonomiczne, ale również społeczne i środowiskowe. Stosowanie ich pozwala nie tylko zredukować koszty eksploatacji, ale również zapewnić zdrowsze przyjazne i bardziej produktywne środowisko pracy co stanowi dodatkową wartość dla inwestorów, nabywców i najemców.

Sektor budownictwa jest uważany za największego w gospodarce emitenta gazów cieplarnianych. Szacuje się, że emisja gazów związana z samym etapem użytkowania budynków osiąga 30–40% emisji w skali globalnej. Tak jak w przypadku zużycia energii, istotnym zagadnieniem w tym obszarze jest emisja „wbudowana”, stanowiąca ok. 15% całkowitej wartości emisji obliczanej dla cyklu życia budynku. Ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko w tym zakresie jest możliwe dzięki stosowaniu źródeł energii charakteryzujących się jak najmniejszą lub zerową emisją gazów cieplarnianych. Najlepszym rozwiązaniem jest szerokie wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych. Ważne jest jednocześnie stosowanie materiałów i technologii charakteryzujących się niską emisją gazów cieplarnianych.

Sektor budownictwa wpływa niekorzystnie na zużycie surowców naturalnych. Każdego roku do produkcji materiałów budowlanych zużywa się ok. 3 mld ton surowców mineralnych, co stanowi 40–50% globalnego wydobycia. Charakterystyczne dla branży budowlanej jest to, że szacunkowo wykorzystuje się w niej ponad 10 tys. różnego rodzaju materiałów, w tym pochodzących z eksploatacji zasobów nieodnawialnych. Zachodzi więc potrzeba zwiększenia udziału materiałów efektywnych, tj. minimalizujących zużycie surowców nieodnawialnych przez zastosowanie procesów odzysku i wykorzystanie surowców odnawialnych, a także nadających się do ponownego zastosowania po zakończeniu cyklu życia.

W krajach rozwiniętych działalność związana z budownictwem generuje ok. 40% odpadów mających formę stałą, z czego 85% jest efektem zakończenia cyklu życia budynku. Znaczące ilości odpadów powstają również na etapie wyrobu (np. w wyniku nieefektywnych procesów pozyskiwania surowców, produkowania lub pakowania) i wznoszenia budynku (np. wskutek błędów lub zmian w projekcie, złego oszacowania zapotrzebowania na materiały i nieefektywnego ich wykorzystania). Ograniczenie produkcji odpadów jest możliwe dzięki zastosowaniu materiałów podlegających recyklingowi oraz organizacji procesu projektowego, a także budowy w sposób zrównoważony środowiskowo.

Sektor budownictwa wpływa również niekorzystnie na zasoby wody. Jej zużycie podczas użytkowania budynków stanowi w przybliżeniu 12% zużycia globalnego. Ilość wody „wbudowanej” w obiekt (wykorzystanej do wytworzenia wyrobów i na potrzeby prac budowlanych) nie jest dokładnie znana. Ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko

jest możliwe m.in. dzięki zastosowaniu instalacji wodo-oszczędnych i szerszym wykorzystaniu wód opadowych.

Jednym z rozwiązań, które mogą ograniczyć negatywne oddziaływanie na środowisko jest projektowanie zintegrowane. Obejmuje wzajemne powiązania działań specjalistów z różnych dyscyplin technicznych, co umożliwia zastosowanie wielu rozwiązań technologiczno-materiałowych w budynku w celu osiągnięcia optymalnej efektywności energetycznej, środowiskowej i ekonomicznej w cyklu jego życia. Korzyści wynikające z zastosowania projektowania zintegrowanego w procesie tworzenia budynku obejmują m.in.:

- zwiększenie komfortu użytkowania (komfort akustyczny, wizualny, jakość powietrza, komfort funkcjonalny, dostęp do obiektu, komfort otoczenia, łatwość użytkowania etc.),
- obniżenie kosztów eksploatacji i konserwacji, m.in. poprzez zmniejszone zużycie energii,
- zmniejszenie ilości i uciążliwości odpadów,
- redukcję negatywnych oddziaływań budynku na środowisko w cyklu życia.

Projektowanie zintegrowane wspierane jest informatycznie przez zastosowanie techniki modelowania informacji o budynku (BIM). BIM to oprogramowanie dedykowane do tworzenia i zarządzania informacjami o projekcie budowlanym. Opiera się na trójwymiarowym modelu budynku i współpracy międzybranżowej. Technikę tę stosuje się nie tylko na etapie projektowania budynku, ale także do pełnej analizy cyklu jego życia pod kątem procesów budowlanych, eksploatacji, zarządzania i rozbiórki.

Metodologia BIM okazała się niezwykle wszechstronna, umożliwiając architektom, inżynierom, kontrahentom i podwykonawcom współpracę przy drobnych szczegółach przy użyciu tej samej bazy danych i modelu komputerowego. Model obejmuje architekturę, konstrukcję i wszystkie systemy funkcjonalne budynku, takie jak ogrzewanie, wentylacja i klimatyzacja – HVAC, instalacje elektryczne i wod.-kan. Takie podejście umożliwia wszystkim uczestnikom procesu projektowania wizualizację i analizę decyzji projektowych oraz wykrywanie zakłóceń i błędów przed rozpoczęciem budowy. Zastosowanie techniki BIM z programami symulacyjnymi pozwala na wybór wariantu projektowanego obiektu o minimalnym oddziaływaniu na środowisko.

1.3. Oddziaływanie elementów budynków na środowisko

Do podstawowych czynników mogących negatywnie oddziaływać na środowisko należy zaliczyć:

- zużycie energii pierwotnej na etapie produkcji materiałów, późniejszej ich rozbiórki oraz utylizacji i/lub podczas eksploatacji budynku,
- emisję CO₂ na etapie produkcji materiałów, późniejszej ich rozbiórki oraz utylizacji i/lub podczas eksploatacji budynku,
- emisję zanieczyszczeń do powietrza,
- zużycie wody podczas eksploatacji budynku,
- produkcję odpadów, w tym również w postaci ścieków.

Analizując problem oddziaływania budynku na środowisko należy pamiętać, że jest on bardzo złożony. Niniejsze opracowanie nie wyczerpuje wszystkich aspektów zagadnienia, a jedynie zwraca uwagę na najważniejsze z nich.

Biorąc pod uwagę powyższe komponenty środowiska, na które mogą i najczęściej oddziałują różne elementy budynków, w niniejszym opracowaniu poddano analizie:

- rozwiązania architektoniczne, w tym elementy zacieniające,
- ściany,
- stropodachy (w tym dachy zielone) oraz dachy,
- stropy wewnętrzne,
- podłogi na gruncie i ściany stykające się z gruntem,
- stolarkę okienną i drzwiową,
- mostki cieplne,
- szczelność powietrzną,
- źródła ciepła,
- źródła chłodu,
- instalację oświetlenia,
- odnawialne źródła energii,
- liczniki zużycia energii i wody,
- system zarządzania budynkiem (BMS),
- instalację wodociągową,
- instalację grzewczą,
- instalację wentylacyjną i klimatyzacyjną,
- kanalizację ściekową i deszczową.

Przyjęto, że ww. elementy będą oddziaływać na czynniki wpływające na środowisko, co prezentuje Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Oddziaływanie poszczególnych elementów budynku na poszczególne czynniki środowiskowe

Element	Czynnik	Zużycie energii pierwotnej	Emisja CO2	Zużycie wody	Emisja zanieczyszczeń do powietrza	Produkcja odpadów
Rozwiązania architektoniczne		✓	✓		✓	
Podłogi na gruncie i ściany stykające się z gruntem		✓	✓		✓	✓
Stropy wewnętrzne		✓	✓		✓	✓
Stropodachy i dachy		✓	✓	✓	✓	✓
Ściany		✓	✓		✓	✓
Stolarka okienna i drzwiowa		✓	✓		✓	✓
Mostki cieplne		✓	✓		✓	
Szczelność powietrzna		✓	✓		✓	
Źródło ciepła		✓	✓		✓	✓
Źródło chłodu		✓	✓		✓	
Instalacja oświetlenia		✓	✓			✓
Odnawialne źródła energii		✓	✓			
Liczniki zużycia energii i wody		✓	✓	✓		✓
System zarządzania budynkiem		✓	✓	✓		✓
Instalacja wodociągowa		✓	✓	✓		✓
Instalacja grzewcza		✓	✓		✓	
Instalacja wentylacyjna i klimatyzacyjna		✓	✓			
Kanalizacja ściekowa i deszczowa				✓		✓

3. Wymagania bazowe wynikające z Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie oraz ustawy o charakterystyce energetycznej budynków

Każdy nowo powstający obiekt budowlany powinien zostać zaprojektowany w taki sposób, aby spełnić wymagania przepisów prawa. Najważniejszym aktem obowiązującym na rynku budowlanym jest Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. 2019 poz. 1186 z późn. zm.). Z ustawy tej wynika cały szereg aktów wykonawczych, czyli rozporządzeń. Szczególnie ważne z punktu widzenia nowo powstających budynków, jest Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tj. Dz.U. z 2019 r., poz. 1065), zwane dalej Warunkami Technicznymi.

Regulacje zawarte w Warunkach Technicznych² dotyczą projektowania i budowy, a także przebudowy oraz zmiany sposobu użytkowania budynków i budowli spełniających funkcje użytkowe budynków, a także urządzeń budowlanych związanych z budynkiem. Według tego rozporządzenia istnieją również ograniczenia dotyczące bryły obiektu – wskaźnik zapotrzebowania nieodnawialnej energii pierwotnej EP oraz wymagania dotyczące poszczególnych przegród.

Wymagania obowiązujące dla budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością staną się powszechnie obowiązującym standardem od 1 stycznia 2021 r. W związku z tym, iż głównymi odbiorcami tego opracowania będą przedstawiciele instytucji publicznych, to przepisy zawarte w Warunkach Technicznych potraktowano jako obowiązującą bazę wyjściową, którą muszą spełnić wszystkie projektowane obecnie obiekty.

3.1. Izolacyjność termiczna przegród

Przy projektowaniu należy pamiętać, że wartości współczynnika przenikania ciepła U_c ścian, stropów i stropodachów dla wszystkich rodzajów budynków, uwzględniające poprawki ze względu na pustki powietrzne w warstwie izolacji, łączniki mechaniczne przechodzące przez warstwę izolacyjną oraz ze względu na ryzyko wychłodzenia konstrukcji stropodachu opadami na dach o odwróconym układzie warstw³, obliczone zgodnie z Polskimi Normami⁴

² Dz.U. 2019 r., poz. 1065, Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, zwane dalej również Rozporządzeniem.

³ Izolacja przeciwwilgociowa jest ułożona bezpośrednio na konstrukcji dachu, a dopiero na niej znajduje się warstwa izolacji termicznej.

⁴ PN-EN ISO6946:2017-10 Komponenty budowlane i elementy budynku -- Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła -- Metody obliczania oraz PN-EN ISO13370:2017-09 Ciepłne właściwości użytkowe budynków -- Przenoszenie ciepła przez grunt -- Metody obliczania.

dotyczącymi obliczania oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła oraz przenoszenia ciepła przez grunt, nie mogą być większe niż wartości $U_{C(max)}$, które przedstawia Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Wymagane wartości współczynników przenikania ciepła dla przegród zewnętrznych

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	Współczynnik przenikania ciepła $U_{C(max)}$ [W/(m ² ·K)]
	od 31.12.2020 r. *
Ściany zewnętrzne:	
a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,20
b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,45
c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,90
Ściany wewnętrzne:	
a) przy $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$ oraz oddzielające pomieszczenia ogrzewane od klatek schodowych i korytarzy	1,00
b) przy $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$	bez wymagań
c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	0,30
Ściany przyległe do szczelin dylatacyjnych o szerokości:	
a) do 5 cm, trwale zamkniętych i wypełnionych izolacją cieplną na głębokości co najmniej 20 cm	1,00
b) powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny	0,70
Ściany nieogrzewanych kondygnacji podziemnych	bez wymagań
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami:	
a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,15
b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,30
c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,70

Podłogi na gruncie:	
a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,30
b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	1,20
c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	1,50
Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi:	
a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25
b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,30
c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	1,00
Stropy nad ogrzewanymi pomieszczeniami podziemnymi i stropy międzykondygnacyjne:	
a) przy $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$	1,00
b) przy $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$	bez wymagań
c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	0,25

Wartości współczynnika przenikania ciepła U dla okien, drzwi balkonowych i drzwi zewnętrznych nie mogą być większe niż wartości $U(\text{max})$, które przedstawia Tabela 3.2.

Tabela 3.2.. Wymagane wartości współczynników przenikania ciepła dla okien, drzwi balkonowych i drzwi zewnętrznych

Okna, drzwi balkonowe i drzwi zewnętrzne	Współczynnik przenikania ciepła $U(\text{max})$ [$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$]
	od 31.12.2020 r. *
Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne:	
a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,9
b) przy $t_i < 16^\circ\text{C}$	1,4
Okna połaciowe:	
a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	1,1
b) przy $t_i < 16^\circ\text{C}$	1,4
Okna w ścianach wewnętrznych:	

a) przy $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$	1,1
b) przy $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$	bez wymagań
c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	1,1
Drzwi w przegrodach zewnętrznych lub w przegrodach między pomieszczeniami ogrzewanymi i nieogrzewanymi:	1,3
Okna i drzwi zewnętrzne w przegrodach zewnętrznych pomieszczeń nieogrzewanych	bez wymagań

Oprócz wymagań dotyczących izolacyjności, elementy obudowy zewnętrznej muszą spełniać wymagania związane z ryzykiem rozwoju grzybów na powierzchni wewnętrznej oraz wykropleniem się pary wodnej we wnętrzu elementu.

Projektując przegrody budowlane należy pamiętać, że wymagania, które przedstawia Tabela 3.1. i Tabela 3.2. dla współczynników przenikania ciepła poszczególnych przegród są parametrami granicznymi: nie można projektować ani budować przegród o niższych parametrach – czyli o wyższych wartościach współczynnika przenikania ciepła U. Rekomenduje się traktować wymagania z Warunków technicznych dotyczące współczynników przenikania ciepła U_c na rok 2021 jako wartości obowiązujące dla wszystkich obiektów, a nie tylko dla tych zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością. Jednocześnie tworząc przegrody o wyższych parametrach uzyskuje się obiekt, którego zapotrzebowanie na energię użytkową będzie mniejsze, a co za tym idzie będzie on charakteryzował się mniejszym negatywnym wpływem na środowisko oraz niższą emisją CO_2 i zanieczyszczeń powietrza. Uzyskanie wyższych parametrów izolacyjności termicznej obudowy zewnętrznej wiąże się zwykle z poniesieniem wyższych nakładów finansowych na etapie powstawania inwestycji, ale w dłuższej perspektywie daje niższe koszty eksploatacyjne i wyższy komfort użytkownika obiektu (wyższa temperatura powierzchni wewnętrznych przegród zewnętrznych – wyższa temperatura odczuwalna, mniejsze ryzyko wystąpienia kondensacji powierzchniowej).

3.2. Zużycie nieodnawialnej energii pierwotnej

Spełnienie wymagań dotyczących poszczególnych elementów obudowy (współczynnik przenikania ciepła U) oraz elementów instalacji (sprawności) pozwala sprostać wymaganiom dotyczącym strat energii z całej bryły na poziomie wymaganym, czyli wskaźnika zapotrzebowania nieodnawialnej energii pierwotnej EP. Na wskaźnik EP składają się następujące elementy:

$$\Delta EP_c + \Delta EP_L \text{ [kWh/(m}^2\text{-rok)]},$$

gdzie:

EP_{H+W} – cząstkowa wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej,

ΔEP_c – cząstkowa wartość wskaźnika EP na potrzeby chłodzenia,

ΔEP_L – cząstkowa wartość wskaźnika EP na potrzeby oświetlenia.

Wartości cząstkowe poszczególnych składowych przedstawiają: Tabela 3.3., Tabela 3.4. i Tabela 3.5.

Tabela 3.3. Wymagane wartości wskaźników nieodnawialnej energii pierwotnej na potrzeby ogrzewania i wentylacji w zależności od funkcji obiektu

Rodzaj budynku	Cząstkowe maksymalne wartości wskaźnika EPH+W na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej, kWh/(m2rok) od 1 stycznia 2021 r.*)
Budynek mieszkalny: jednorodzinny	70
wielorodzinny	65
Budynek zamieszkania zbiorowego	75
Budynek użyteczności publicznej: opieki zdrowotnej	190
pozostałe	45
Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny	70
*) Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością.	

Tabela 3.4. Wymagane wartości wskaźników nieodnawialnej energii pierwotnej na potrzeby chłodzenia w zależności od funkcji obiektu

Rodzaj budynku	Częstkowe maksymalne wartości wskaźnika ΔE_{PC} na potrzeby chłodzenia, kWh/(m ² rok) *)
	od 1 stycznia 2021 r. **)
Budynek mieszkalny: jednorodzinny wielorodzinny	$\Delta E_{PC} = 5 \cdot A_{f,c} / A_f$
Budynek zamieszkania zbiorowego Budynek użyteczności publicznej: opieki zdrowotnej pozostałe	$\Delta E_{PC} = 25 \cdot A_{f,c} / A_f$
Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny	
gdzie: A_f – powierzchnia użytkowa ogrzewana budynku, m ² , $A_{f,c}$ – powierzchnia użytkowa chłodzona budynku, m ² . *) Jeżeli budynek posiada instalację chłodzenia, w przeciwnym przypadku $\Delta E_{PC} = 0$ kWh/(m ² rok). **) Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością.	

Tabela 3.5. Wymagane wartości wskaźników nieodnawialnej energii pierwotnej na potrzeby oświetlenia w zależności od funkcji obiektu

Rodzaj budynku	Częstkowe maksymalne wartości wskaźnika ΔE_{PL} na potrzeby oświetlenia kWh/(m ² rok) w zależności od czasu działania oświetlenia w ciągu roku t_0 [h/rok]*
	od 1 stycznia 2021 r.**)
Budynek mieszkalny: jednorodzinny wielorodzinny	$\Delta E_{PL} = 0$
Budynek zamieszkania zbiorowego Budynek użyteczności publicznej: opieki zdrowotnej pozostałe	dla $t_0 < 2500$ $\Delta E_{PL} = 25$
Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny	dla $t_0 \geq 2500$ $\Delta E_{PL} = 50$
*Jeżeli w budynku należy uwzględnić oświetlenie wbudowane, w przeciwnym przypadku $\Delta E_{PL} = 0$ kWh/(m ² rok). **) Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością.	

Mimo braku wymagań dotyczących ograniczeń wskaźników energii końcowej EK i energii użytkowej EU w przepisach prawa należy pamiętać, aby projekt obiektu zakładał minimalizację obu tych współczynników. Zwłaszcza wskaźnik EK budynku można przełożyć na koszty eksploatacyjne związane z pokryciem zapotrzebowania na energię dla danego

obiektu, mnożąc otrzymany wskaźnik EK przez metraż i koszt jednostki energii wyprodukowanej z określonego nośnika w danym źródle. Zapotrzebowanie energii końcowej ma też przełożenie na emisję CO₂ przez obiekt w okresie eksploatacji. Wskaźniki te są zapisywane na świadectwie charakterystyki energetycznej budynku, zwanym też certyfikatem energetycznym, które w przypadku budynków wykorzystywanych przez władze publiczne powinno być umieszczone w widocznym miejscu. Zasady sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej budynków określają ustawa o charakterystyce energetycznej⁵ i rozporządzenie w sprawie metodologii sporządzania świadectw⁶.

⁵ Dz. U. z 2019 r., poz. 1065

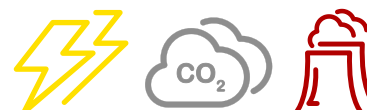
⁶ Rozporządzenie z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej.

4. Analiza wpływu na środowisko rozwiązań architektonicznych

Zazwyczaj wizja architektoniczna koncentruje się najpierw na ustawieniu zarysu bryły w konkretnej lokalizacji. W kolejnym kroku następuje łączenie wstępnej wizji bryły z zadaną funkcją wnętrza. I tu zastosowane rozwiązania architektoniczne mogą przekładać się na to, w jaki sposób budynek będzie oddziaływał na środowisko.

Wpływ na środowisko

Wybór rozwiązań architektonicznych ma znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko na etapie jego wznoszenia, eksploatacji, rozbiórki i utylizacji. Rodzaje oddziaływania na środowisko przez te rozwiązania to:

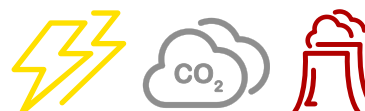


- ryzyko większego zużycia energii użytkowej, końcowej i pierwotnej poprzez:
 - zastosowanie bryły o bardzo rozbudowanym kształcie,
 - zastosowanie nadmiernej powierzchni przeszkleń (wychładzanie zimą i przegrzewanie się budynku latem),
 - niewykorzystanie odnawialnych źródeł energii na elementach obudowy zewnętrznej;
- ryzyko większej emisji CO₂ związanej ze zwiększeniem zapotrzebowania na energię (do ogrzewania, wentylacji, chłodzenia i oświetlenia) z konwencjonalnych źródeł jak paliwa kopalne w wyniku niezastosowania odpowiednich rozwiązań architektonicznych;
- ryzyko większej emisji zanieczyszczeń powietrza związanej ze zwiększeniem zapotrzebowania na energię (do ogrzewania, wentylacji, chłodzenia i oświetlenia) z konwencjonalnych źródeł jak paliwa kopalne w wyniku niezastosowania odpowiednich rozwiązań architektonicznych.

Poniżej opisano szerzej wpływ rozwiązań architektonicznych na poszczególne komponenty środowiska razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływowaniu na środowisko.

Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływowaniu na środowisko

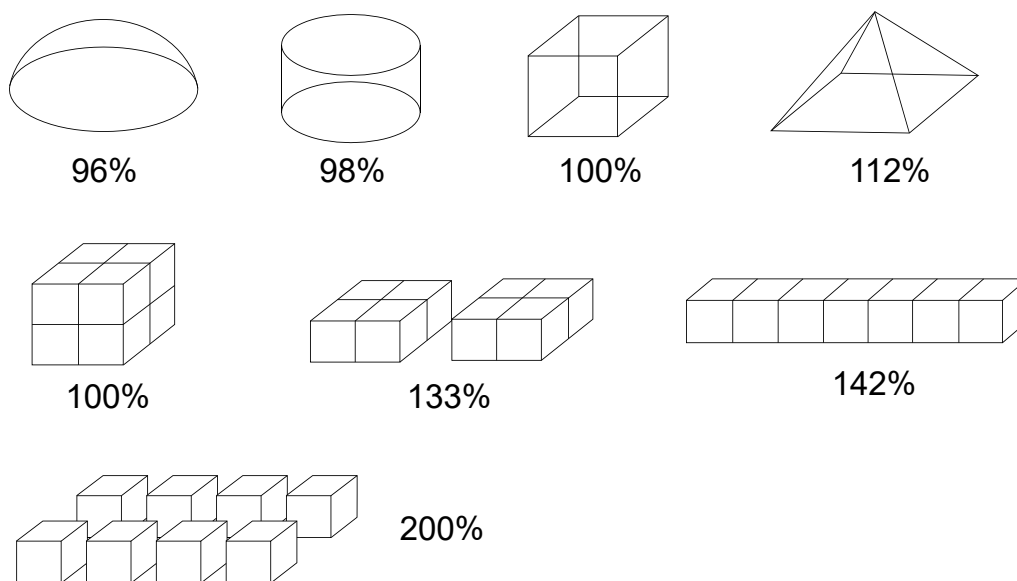
Rozwiązania architektoniczne to zagadnienia o szerokim spektrum działania, które pod kątem wpływu na środowisko należy głównie oceniać przez pryzmat energii wbudowanej (dobór zastosowanych materiałów) oraz, w okresie eksploatacji, pod kątem możliwego biernego wykorzystania zysków ciepła od promieniowania słonecznego (pozwalającego zmniejszyć zapotrzebowanie na energię do ogrzewania) oraz czynnego wykorzystania zysków od promieniowania (pozyskania energii



promieniowania do wyprodukowania energii cieplnej) do przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz elektrycznej w systemach solarnych związanych z obudową zewnętrzną budynku.

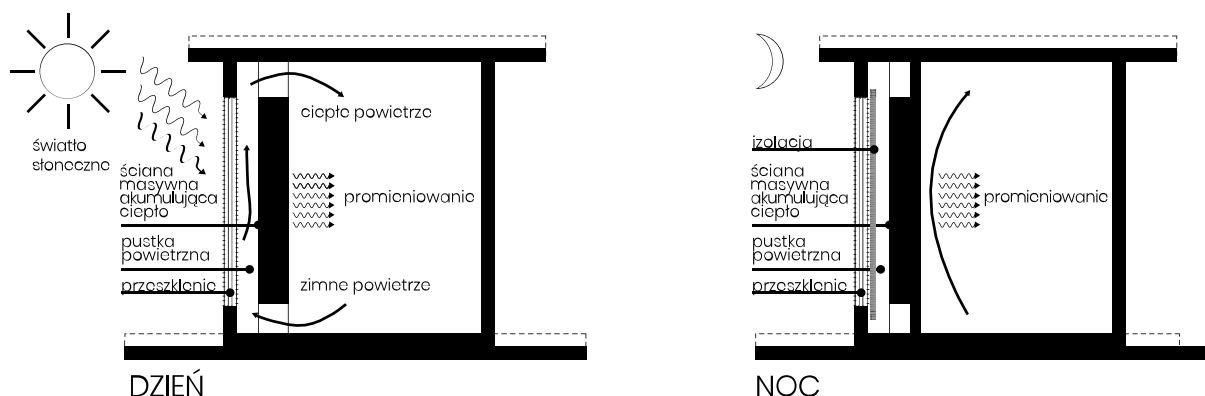
Pierwszym etapem projektowania obiektu jest wstępne kształtowanie bryły. Wpływa ono na ostateczne zapotrzebowanie budynku na ciepło, dlatego powinno się brać pod uwagę następujące punkty:

- **Wykorzystanie danej lokalizacji, tj. kierunek świata oraz ukształtowanie terenu, a także lokalną roślinność.** Wpływa to nie tylko na odpowiednie doświetlenie obiektu światłem dziennym, ale również na możliwość wykorzystania zysków słonecznych (nastonecznienia).
- **Kształtowanie bryły powinno uwzględniać strefowanie pomieszczeń o podobnej temperaturze** oraz buforowanie pomieszczeń ogrzewanych pomieszczeniami nieogrzewanymi lub o niższej temperaturze – mniejsza różnica temperatur oznacza mniejszą intensywność przepływu ciepła, a co za tym idzie mniejszą stratę ciepła. Podobną funkcję spełniają ogrody zimowe – zyski od promieniowania słonecznego powodują podniesienie temperatury w przestrzeni ogrodu, co jest przyczyną mniej intensywnego przepływu ciepła.
- **Kształt bryły obiektu powinien być możliwie zwarty** – współczynnik kształtu budynku A/V , czyli jak najmniej powierzchni przegród zewnętrznych, przez które ucieka ciepło do kubatury ogrzewanej. Im mniej zwarta jest bryła budynku (wykusze, wnęki), tym większe są straty na przenikaniu zarówno przez przegrody, jak i przez mostki termiczne, a to prowadzi do podniesienia kosztów budowy i wydłuża czas realizacji, a także podnosi koszty ogrzewania obiektu. Rys. 4.1. pokazuje jak wraz ze zmianą kształtu bryły zmienia się jego zapotrzebowanie na energię.



Rys. 4.1. Schematyczne przedstawienie wpływu kształtu bryły budynku na zmianę jego zapotrzebowania na energię

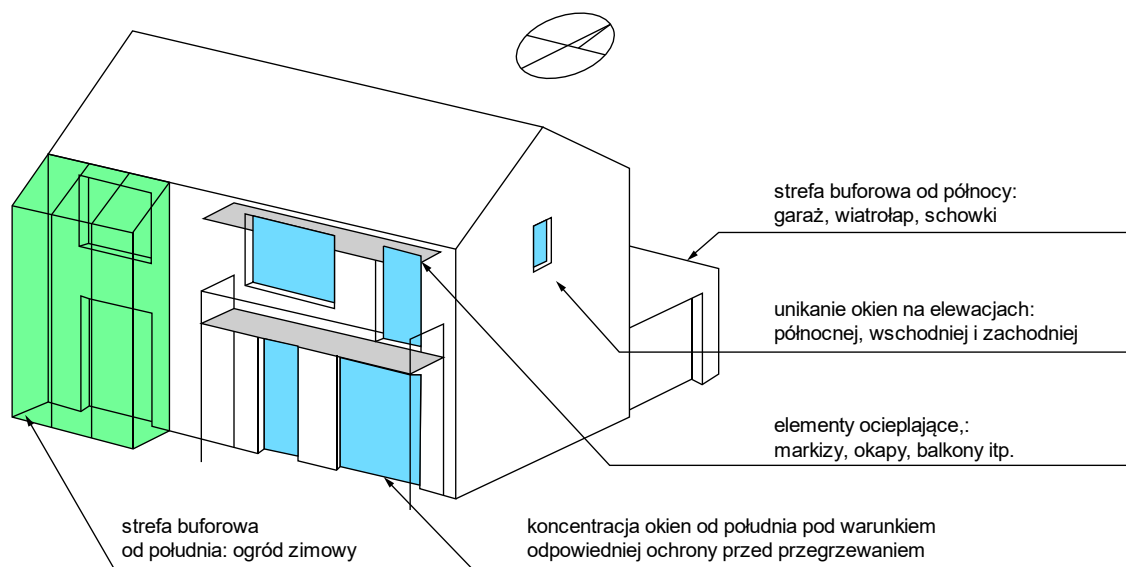
- **Wykorzystanie materiałów o dużej pojemności cieplnej pozwala na akumulowanie ciepła i wykorzystanie go później** – przykładem mogą być tzw. ściany i podłogi akumulacyjne. Bardziej rozbudowane systemy, to np. ściany Trombe'a (Rys 4.2).



Rys. 4.2. Przykład biernego pozyskiwania energii słonecznej w systemie ściany Trombe'a

- Elementy zacieniające można podzielić na elementy naturalne (najczęściej roślinne) i konstrukcyjne, stanowiące element obiektu, choć w miarę możliwości nietnące się z jego konstrukcją. Znakomitymi elementami zacieniającymi na elewacjach południowych są rośliny liściaste, w formie drzew lub roślin pnących. W okresie zimowym, gdy rośliny nie mają liści, możliwy jest dostęp promieniowania słonecznego do pomieszczeń, a co za tym idzie ciepła. Natomiast w okresie letnim liście stanowią naturalny element zacieniający, który nie pozwala na wpadanie promieni słonecznych do wnętrza pomieszczenia i jego nadmierne przegrzewanie. Elementy konstrukcyjne w postaci daszków czy płyt balkonowych powinny być zaprojektowane tak, aby stanowić blokadę dla promieni słonecznych w okresie letnim, które padają wtedy pod dużym kątem, ale jednocześnie nie blokować dostępu promieniowania w okresie zimowym, kiedy stanowiąc ono będzie bierne zyski ciepłne. Bardzo ważne jest, aby elementy te nie stanowiły dodatkowego mostka termicznego. Muszą więc być zaprojektowane przy użyciu elementów dystansowych, pozwalających na przeniesienie obciążeń bez przenoszenia ciepła (np. balkonowe elementy dystansowe) lub na oddzielnej konstrukcji oddylatowanej od budynku.

Przykładowe zestawienie wytycznych dla bryły obiektu, uwzględniające m.in. lokalizację, zacienienie i układ przeszkleń przedstawia Rys. 4.3.



Rys. 4.3. Przykładowe rozwiązania architektoniczne wpływające na zapotrzebowanie na energię dla budynku

Dążąc do odpowiedniego przygotowania projektu budynku należy pamiętać o ogólnych zasadach, tak aby:

- kształtowanie obiektu było zgodne z wymaganiami przepisów prawa,
- powstający obiekt zapewniał użytkownikowi komfort użytkowania, np. komfort cieplny (zarówno zimą, jak i latem),
- użytkowanie obiektu pozwalało na ponoszenie jak najmniejszych kosztów,
- obiekt charakteryzował się w całym cyklu życia jak najniższymi kosztami środowiskowymi.

Powyższe wymagania pomogą spełnić m.in.:

- kształtowanie obiektu w sposób wykorzystujący lokalizację, np. osłonięcie północnej strony budynku naturalnym wzniesieniem terenu lub roślinnością iglastą,
- podział na strefy temperaturowe,
- możliwie najlepsza (co najmniej zgodna z wymaganiami obowiązujących przepisów prawa) izolacyjność przegród,
- ciągłość izolacji termicznych, pozwalająca na eliminację mostków termicznych,
- wysoka szczelność powietrzna przegród,
- energooszczędne elementy instalacji ogrzewania i chłodzenia,
- systemy wentylacji z odzyskiem ciepła,
- energooszczędne systemy oświetlenia,
- ekologiczne systemy ciepłej i zimnej wody,
- systemy pozyskania energii ze źródeł odnawialnych.

Należy jednak pamiętać, że projektowanie obiektów budowlanych jest procesem bardzo złożonym, dlatego niniejsze opracowanie stanowi jedynie próbę przybliżenia pewnych

zagadnień i ma za zadanie przedstawić wskazówki ułatwiające zrozumienie złożonych problemów dotyczących negatywnego oddziaływania inwestycji budowlanej na środowisko.

Projektowanie bryły budynku było podstawą do zaproponowania rozwiązań w trzech kategoriach: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa (Tabela 4.1).

Tabela 4.1. Proponowane kategorie dla rozwiązań architektonicznych: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa

Kategoria	III	II	I
Rozwiązania architektoniczne	<p>Budynek powinien być zaprojektowany i wykonany w taki sposób, aby ograniczyć ryzyko przegrzewania budynku w okresie letnim⁷</p>	<p>Kształt bryły budynku powinien być możliwie zwarty</p> <p>Ukształtowanie i orientacja dachu powinna umożliwiać zastosowanie modułów fotowoltaicznych lub kolektorów słonecznych</p> <p>W celu ograniczenia ryzyka przegrzewania budynku w okresie letnim:</p> <ul style="list-style-type: none"> - udział powierzchni przeszklonych na elewacjach powinien być ograniczony do 40% o ile nie jest to sprzeczne z innymi wymaganiami - przegrody przeszklone, niezacienione naturalnie latem, zorientowane na Południe, Wschód i Zachód powinny być wyposażone w zewnętrzne elementy zacieniające (stałe lub ruchome) 	<p>Wykorzystanie procesu projektowania zintegrowanego i narzędzi BIM</p> <p>Kształt bryły budynku powinien być możliwie zwarty, współczynnik A/V $\leq 0,6$</p> <p>Ukształtowanie i orientacja dachu powinna umożliwiać zastosowanie modułów fotowoltaicznych lub kolektorów słonecznych</p> <p>Pomieszczenia o podobnej funkcji i projektowanej temperaturze wewnętrznej powinny być lokalizowane blisko siebie</p> <p>W celu ograniczenia ryzyka przegrzewania budynku w okresie letnim:</p> <ul style="list-style-type: none"> - udział powierzchni przeszklonych na elewacjach powinien być ograniczony do 40% - przegrody przeszklone, niezacienione naturalnie latem, zorientowane na Południe, Wschód i Zachód powinny być wyposażone w zewnętrzne (stałe lub ruchome) elementy zacieniające. Elementy ruchome powinny być sterowane automatycznie i zintegrowane z systemem kontroli natężenia oświetlenia oraz BMS (o ile istnieje)

⁷ Rozporządzenie Ministra infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2019 r., poz.1065).

Rekomendacje i uwagi

Projektując bryłę budynku należy zwrócić uwagę przede wszystkim na zwartość bryły i minimalizowanie węzłów konstrukcyjnych (połączeń elementów), będących miejscem potencjalnych strat ciepła. Niezwykle istotne jest, aby zadbać o nieprzekraczanie zalecanych wartości przeszkleń, żeby nie doprowadzać do przegrzewania się wnętrza budynku co przekłada się bezpośrednio na zwiększenie zapotrzebowania na energię do chłodzenia. Przeszklenia powinny umożliwiać jednak pozyskiwanie energii promieniowania w sposób pasywny w okresie zimowym. Aktywne pozyskiwanie energii promieniowania powinno oznaczać wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.

5. Analiza wpływu na środowisko elementów obudowy zewnętrznej budynku

Projektując i wykonując elementy obudowy zewnętrznej budynków należy kierować się wymaganiami przepisów prawa w zakresie cieplno-wilgotnościowym (przytoczone wcześniej wymagania z Warunków Technicznych² odnośnie granicznej wartości współczynnika przenikania ciepła U_c), trwałością, ale również wpływem obiektu na środowisko, zarówno pod kątem energii potrzebnej na wytworzenie materiałów oraz poszczególnych elementów, jak i na zapewnienie prawidłowej eksploatacji gotowego budynku, a także na późniejszą utylizację lub recykling materiałów. Jako rozwiązania standardowe należy przyjmować te spełniające wymagania przepisów prawa (Warunki Techniczne), jednak rozwiązania umożliwiające zmniejszenie wpływu na środowisko (mniejsza energia skumulowana, mniejsza emisja CO₂) również na etapie wznoszenia, rozbiórki oraz utylizacji należy traktować jako istotną wartość dodaną.

Rozdział ten głównie koncentruje się na analizie wpływu poszczególnych elementów na środowisko na etapie przed i poeksploatacyjnym, nawiązując do etapu eksploatacyjnego. Jednocześnie brane tu będą pod uwagę przede wszystkim dwa czynniki, czyli energia skumulowana i emisja CO₂. Nie należy jednak pomijać produkcji odpadów, ze względu na fakt, iż poziom recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku obecnie powinien sięgać 60%, a do 2020 roku ma osiągnąć wartość 70%, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska⁸ w sprawie poziomu recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innych niż niebezpieczne materiałów budowlanych i rozbiórkowych.

5.1. Wprowadzenie – wpływ konstrukcji obiektu na środowisko

Omówienie wpływu elementów budynku na środowisko trzeba rozpocząć od rozważania na temat jego konstrukcji dla lepszego zrozumienia oddziaływań poszczególnych z nich.

Konstrukcje w obiektach budowlanych należy podzielić na takie, gdzie konstrukcja jest „osłonięta” zewnętrznymi elementami osłonowymi (np. ściany murowane czy elementy stolarki okiennej) oraz takie, gdzie elementy nośne stanowią elementy obudowy zewnętrznej.

Można tu wyróżnić:

- konstrukcje żelbetowe,
- konstrukcje stalowe,
- konstrukcje drewniane,
- konstrukcje murowane.

⁸ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 grudnia 2016 r. w sprawie poziomów recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami niektórych frakcji odpadów komunalnych.

Konstrukcje stalowe, których zaletą jest najczęściej szybkość wznoszenia, charakteryzują się w procesie przygotowania elementów (np. słupów, belek) szczególnie wysoką emisją dwutlenku węgla. Proces ten może ulec zmianie, gdy na szeroką skalę zastosowanie znajdą procesy zastępujące wykorzystywany dotychczas węgiel wodorem, co będzie prowadzić do wydzielania wody zamiast CO₂. Szacuje się, że mogłoby to ograniczyć emisję CO₂ o 60 %, a w przypadku przejścia, jako źródła energii, z węgla na gaz ziemny, to ograniczenie mogłoby wynosić nawet 80%. Zastosowanie ww. alternatywnych źródeł energii minimalizowałoby również emisję zanieczyszczeń do powietrza. Wykorzystanie w procesie wytwarzania stali energii ze źródeł odnawialnych mogłoby zminimalizować tę emisję oraz jeszcze bardziej zminimalizować zapotrzebowanie na energię pierwotną. Innym działaniem pozytywnie wpływającym na środowisko, zmniejszającym produkcję odpadów na różnych etapach cyklu życia obiektu budowlanego, jest wykorzystanie stali pozyskiwanej w procesie recyklingu. Konstrukcje stalowe znajdują najczęściej zastosowanie w budynkach biurowych, przede wszystkim w związku z szybkością wznoszenia i względną prostotą montażu elementów oraz zwykle dużą dowolnością w kształtowaniu wnętrza.

Konstrukcje żelbetowe wpływają na środowisko również negatywnie. Łączą się tu bowiem problemy środowiskowe związane z produkcją stali, problemy związane z produkcją cementu oraz problemy związane z dużym zużyciem wody. Szczególnie istotna jest wysoka emisja CO₂ w procesie produkcji cementu oraz duże ilości wytwarzanych odpadów. W krajach, gdzie nie ma regulacji w zakresie ograniczania emisji CO₂, emisja ta wynosi nawet 1 do 1, czyli produkcja 1 tony cementu prowadzi do produkcji 1 tony dwutlenku węgla. Według niektórych opracowań naukowych, rozwiązaniem problemu może być zastosowanie palnych frakcji odpadów jako paliw alternatywnych. Dzięki temu nie stanowiąby one odpadów oraz nie powodowały emisji CO₂. Innym rozwiązaniem jest stosowanie cementu geopolimerowego, którego produkcja nie opiera się na wykorzystaniu węgla wapnia.

Do produkcji mieszanki betonowej wykorzystuje się duże ilości wody. Jednak jej niewłaściwe ograniczenie mogłoby negatywnie wpływać na parametry wytrzymałościowe mieszanki, dlatego możliwość ograniczenia wykorzystania wody pitnej należy upatrywać jedynie w zastąpieniu jej (tylko w miarę możliwości przeprowadzenia odpowiednich badań w celu uniknięcia szkodliwych zanieczyszczeń) wodą gruntową.

Konstrukcje żelbetowe znajdują zastosowanie w częściach podziemnych brył ze względu na ułatwienie w wykonaniu zabezpieczeń przeciwwodnych. W przypadkach konieczności zapewnienia koniecznej sztywności przestrzennej i dużych rozpiętości jest to materiał często stosowany. W konstrukcji żelbetowej wykonywane są zarówno budynki opieki zdrowotnej, jak również budynki edukacyjne. Dzięki dużej pojemności cieplnej budynki w konstrukcji żelbetowej można ukształtować tak, aby w jak największym stopniu wykorzystywały mechanizmy pasywnego pozyskiwania ciepła oraz w mniejszym stopniu przegrzewały się w okresie letnim.

Drewno w konstrukcjach jest materiałem naturalnym i odnawialnym, a więc można go nazwać ekologicznym. Jest to materiał wytrzymały i stosunkowo lekki. Ślad węglowy

konstrukcji drewnianych jest najniższy spośród innych konstrukcyjnych materiałów budowlanych, aczkolwiek uzależniony jest od jego rodzaju i przygotowania – surowe bale drewniane będą charakteryzowały się niższym śladem węglowym niż konstrukcje z drewna impregnowanego środkami chemicznymi lub elementy z drewna klejonego. Konstrukcje drewniane można podzielić na tradycyjne z litego drewna, szkieletowe oraz wykorzystujące drewno klejone. Wbrew powszechnej opinii drewno jako materiał konstrukcyjny jest dość odporne na działanie ognia – tworząca się w momencie pożaru zgorzel na elementach konstrukcyjnych zapewnia konstrukcjom drewnianym odpowiednią odporność ogniową, a więc bezpieczeństwo. Drewno jako materiał budowlany jest też uznawane za materiał „ciepły”, czyli posiadający stosunkowo dobre parametry izolacyjności termicznej w grupie materiałów konstrukcyjnych. Dodatkowym atutem jest fakt, że wznoszenie konstrukcji drewnianych zwłaszcza w przypadku elementów szkieletowych odbywa się szybko (wykorzystywane są gotowe elementy ramowe i kratowe).

Konstrukcje drewniane chętnie wykonywane są w obiektach o mniejszych gabarytach, takich jak obiekty edukacyjne (bale drewniane i konstrukcje szkieletowe) lub (w formie drewna klejonego) do dźwigarów przykrywających hale sportowe czy hale basenowe oraz hale „open space-ów” w budynkach biurowych.

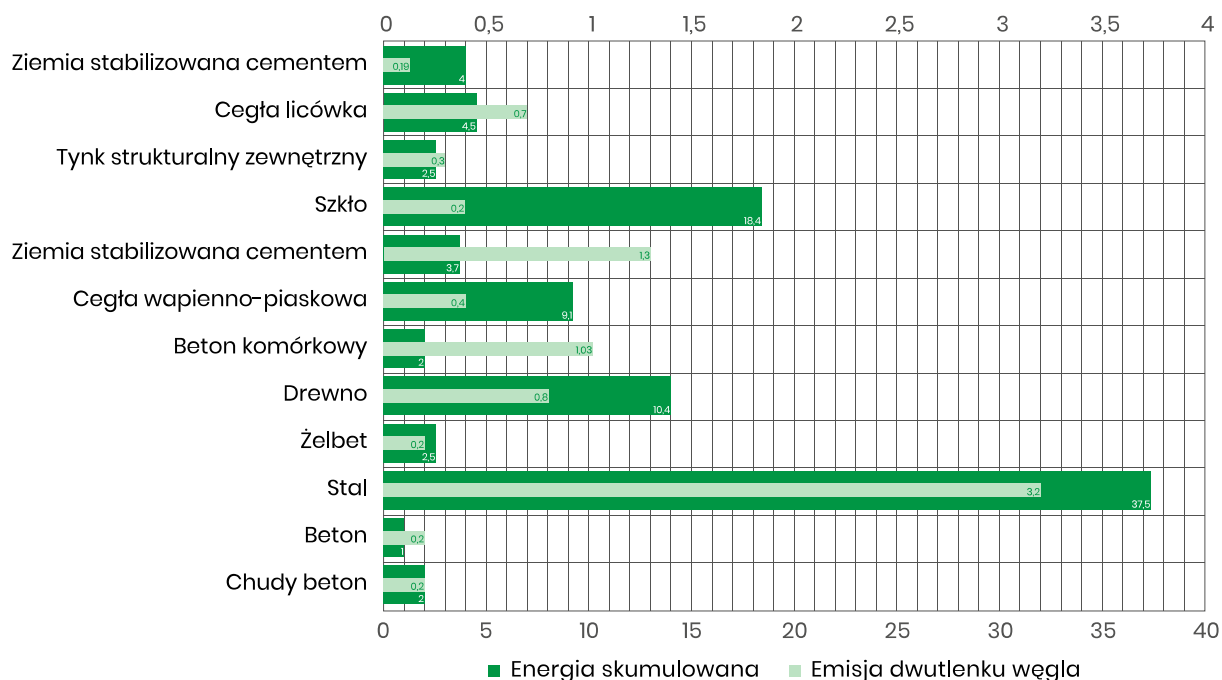
Najbardziej popularnymi konstrukcjami są konstrukcje murowe. Murem nazywa się elementy drobnowymiarowe (cegły/pustaki – ceramiczne, betonowe, silikatowe itd.) ułożone w określony sposób i połączone trwale materiałem wiążącym – zaprawą (np. murarska, klejowa). Z muru mogą być budowane zarówno elementy konstrukcyjne (ściany, słupy, fundamenty itd.) jak i niekonstrukcyjne. Wpływ muru na środowisko uzależniony jest od rodzaju zastosowanych do jego budowy elementów drobnowymiarowych:

- ceramika – jest materiałem pochodzenia naturalnego – głównym składnikiem jest glina, jednak w jej produkcji (do spiekania elementów w wysokich temperaturach) potrzebne są duże ilości energii oraz generowane są odpady, m.in. w formie emisji pyłów i gazów, odpadów stałych i ścieków; jednak na etapie rozbiórki może być wykorzystana ponownie, np.: w formie kruszywa rozbiórkowego; na rynku są dostępne różne elementy ceramiczne, od ciężkich elementów spiekanych do bardzo lekkich pustaków poryzowanych o różnych parametrach cieplnych;
- betony komórkowe – są materiałem powstającym z mieszanki betonowej (na bazie cementu), a więc wpływ na środowisko, jak pisano wcześniej, związany jest z wysoką emisją CO₂, zużyciem energii oraz wody; produkcja betonów komórkowych to również odpady stałe; energia konieczna jest również w procesie autoklawizowania betonów (proces oddziaływania parą wodną pod ciśnieniem powodujący utwardzenie materiału);
- silikaty – powstają w procesie przypominającym powstawanie naturalnego piaskowca, ze zmieszania wapna i piasku, a następnie po dodaniu wody są formowane i hartowane w autoklawach, pod wpływem temperatury i pary wodnej

pod ciśnieniem; można poddać je recyklingowi (gruz pobudowlany) do wytworzenia nowych cegieł i bloczków.

Elementy murowane wykorzystywane są we wszystkich typach obiektów użyteczności publicznej, zarówno jako samodzielne elementy konstrukcyjne, jak i wypełnienie konstrukcji żelbetowych np. płytowo – słupowych.

Analizę wpływu na środowisko poszczególnych materiałów podsumowują wartości energii skumulowanej w MJ na 1 kg oraz wielkość emisji CO₂ w 1 kg CO₂ na 1 kg wyprodukowanego materiału, przedstawione na Rys. 5.1.

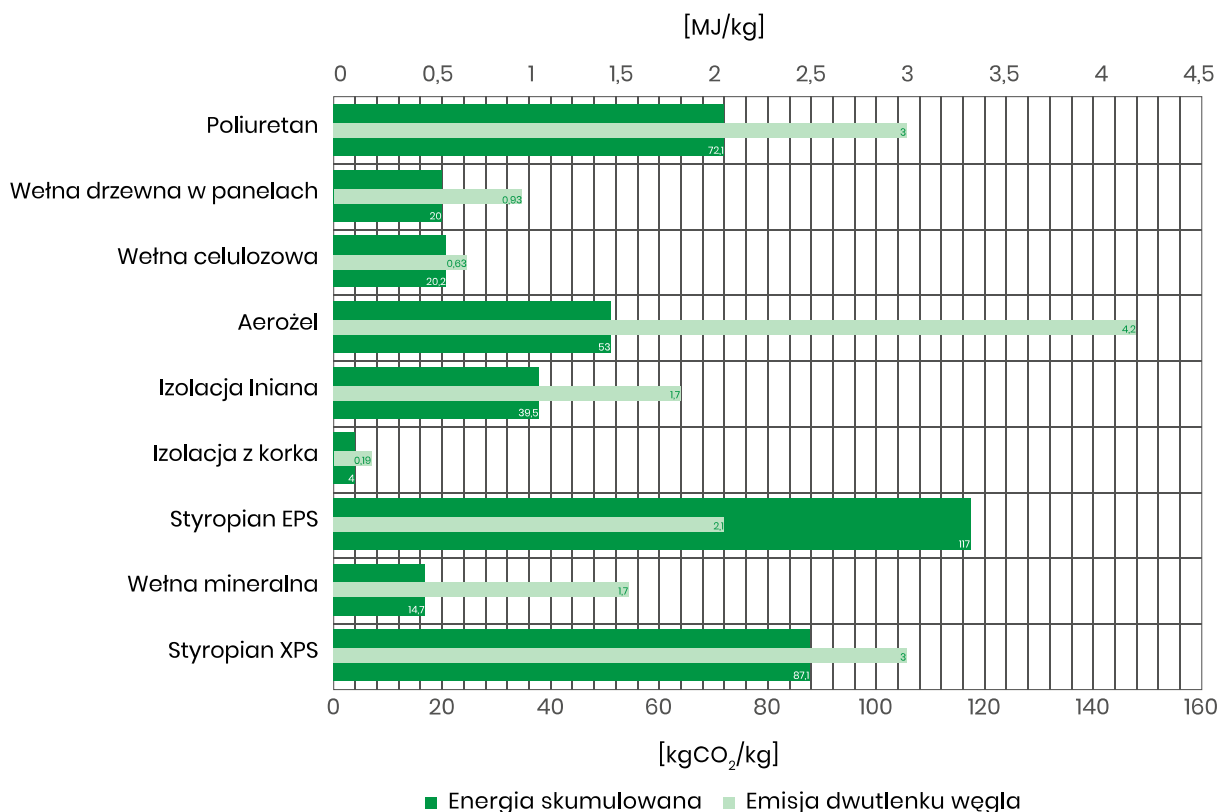


Rys. 5.1. Wartości energii skumulowane oraz emisji CO₂ dla niektórych materiałów

Obecne wymagania dla współczynnika przenikania ciepła przegród zewnętrznych powodują konieczność zastosowania materiałów izolacyjnych. Najbardziej typowym materiałem izolacyjnym jest polistyren ekspandowany, popularnie nazywany styropianem. Również popularnym materiałem jest polistyren ekstrudowany, popularnie nazywany styrodurem. Do spienienia polistyrenów używa się pentanu lub CO₂, a nie szkodliwych dla warstwy ozonowej gazów z grupy CFC. Materiał ten może zostać poddany recyklingowi, chociaż w polskich warunkach jest to rzadko wykorzystywane. Również popularnym materiałem jest wełna mineralna (ze względu na parametr paroprzepuszczalności wielokrotnie wyższy niż dla polistyrenów, nazywany materiałem oddychającym). Jest to materiał pochodzenia naturalnego, który może być poddany ponownemu przetworzeniu, ale sam proces produkcji wymaga wysokich nakładów energii. Obecnie coraz chętniej stosowanymi materiałami izolacyjnymi są różnego rodzaju piany (np. PIR, PUR, fenolowe), które mają często dużo lepsze (czasem nawet dwukrotnie) parametry izolacyjności termicznej, co pozwala zastosować mniejszą grubość izolacji niż przy polistyrenach i wełnach mineralnych. Coraz istotniejszą rolę, w grupie materiałów izolacyjnych, odgrywają materiały pochodzenia naturalnego takie jak

węta drzewna, wełna owcza, płyty konopne, kokosowe itd. Ich parametry cieplne nie odbiegają lub odbiegają bardzo nieznacznie od tradycyjnych materiałów izolacyjnych, a w ujęciu środowiskowym stanowią znaczną konkurencję. Są to materiały całkowicie naturalne i biodegradowalne (wyjątek stanowi środek impregnujący, podnoszący ich parametry ogniowe lub odporność na korozję biologiczną).

Przykładowe wartości energii skumulowanej w MJ na 1 kg oraz wielkość emisji CO₂ w kg CO₂ na 1 kg wyprodukowanego materiału dla materiałów izolacyjnych przedstawia Rys. 5.2.



Rys. 5.2. Wartości energii skumulowane oraz emisji CO₂ dla niektórych materiałów izolacyjnych

Dane dla materiałów pozwalają policzyć przybliżone wartości energii skumulowanej oraz emisji CO₂ dla typowych elementów (dla 1 m²) co jest przedstawione w kolejnych rozdziałach.

5.2. Ściany

Ściany to elementy obudowy zewnętrznej odpowiadające przede wszystkim za straty na przenikanie oraz częściowo związany z nim komfort użytkowania. Istotne jest również uwzględnienie rodzaju materiałów wykorzystanych do budowy.

Wpływ na środowisko

Wybór rozwiązań w zakresie ścian ma znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko



na etapie wznoszenia budynku / eksploatacji / rozbiórki i utylizacji. Rodzaje oddziaływania na środowisko przez ten element budynku to:

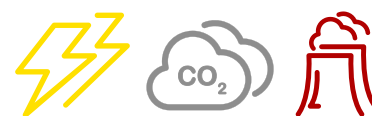
- ryzyko większego zużycia energii poprzez:
 - zastosowanie materiałów o większych współczynnikach przewodzenia ciepła co prowadzi do większych strat na etapie eksploatacji,
 - stosowanie materiałów charakteryzujących się większą energią wbudowaną i większą emisją CO₂,
- ryzyko większej emisji CO₂ związanej ze zwiększeniem zapotrzebowania na energię na etapie eksploatacji w wyniku stosowania materiałów o mniejszej izolacyjności cieplnej, prowadzące do większego zużycia nieodnawialnej energii pierwotnej, a co za tym idzie większej emisji, oraz/lub, na etapie wznoszenia budynku, mających wysoki ślad węglowy,
- ryzyko większej emisji zanieczyszczeń powietrza związanej ze zwiększeniem zapotrzebowania na energię z konwencjonalnych paliw kopalnych na etapie eksploatacji (np. w wyniku stosowania materiałów o mniejszej izolacyjności cieplnej) co wiąże się z produkcją benzo(a)pirenów, pyłów PM 2,5 oraz PM 10,
- ryzyko produkcji odpadów na etapie rozbiórki, ponownego wykorzystania, odzysku, recyklingu lub utylizacji przez zastosowanie materiałów trudnych do przetworzenia, czy ponownego wykorzystania.

Poniżej opisano szerzej wpływ ścian na poszczególne komponenty środowiska razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływaniu na środowisko.

Zastosowany rodzaj ścian ma bardzo duży wpływ na ostateczne zapotrzebowanie budynku na energię i wielkość emisji CO₂.

Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływaniu na środowisko

Projektując izolację termiczną przegród należy pamiętać o tym, że koszt dodatkowych kilku centymetrów materiału izolacyjnego, w odniesieniu do całości planowanych kosztów, stanowi niewielki procent, a może przynieść znaczące oszczędności.



W celu wyznaczenia grubości izolacji należy wykonać szereg obliczeń. Na początku należy sprawdzić parametry projektowanego elementu konstrukcyjnego, np. z pustaków ceramicznych. Samą grubość materiału można oszacować wykorzystując wzór do obliczania współczynnika przenikania ciepła U zgodnie z normą PN ISO 6946, tj.:

$$U = \frac{1}{R_T}, \text{ czyli } U = \frac{1}{R_{Si} + R_{\text{warstw istniejących}} + R_{\text{ocieplenia}} + R_{Se}}$$

gdzie:

$R_{si} = 0,13$ – wartość oporu przejmowania ciepła po stronie wewnętrznej dla ścian,

$R_{se} = 0,04$ – wartość oporu przejmowania ciepła po stronie zewnętrznej dla ścian,

$R_{warstw\ istniejących} = \sum d/\lambda$ – suma ilorazów grubości materiału do jego współczynnika przewodzenia ciepła dla poszczególnych materiałów,

$R_{ocieplenia} = d/\lambda$ – iloraz grubości materiału izolacyjnego do jego współczynnika przewodzenia ciepła,

Zakładając otrzymanie docelowej wartości warstwy izolacyjnej U_{max} na poziomie $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (lub mniejszą, jeśli takie będą założenia), oszacowania grubości izolacji można wykonać przekształcając powyższy wzór:

$$d_{ocieplenia} \geq \left(\frac{1}{0,2} - R_{si} - R_{se} - \sum R_{warstw\ konstrukcyjnych\ i\ osłonowych} \right) \cdot \lambda_{ocieplenia}$$

Izolacyjność poszczególnych elementów przekłada się bezpośrednio na straty energii na przenikanie przez przegrody zewnętrzne co przekłada się na zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną oraz na emisję CO_2 oraz innych zanieczyszczeń.

Kolejny krok to przeanalizowanie wpływu projektowanej przegrody na środowisko pod względem energii skumulowanej i emisji CO_2 .

Konieczne jest przyjęcie parametrów skumulowanej energochłonności wyrobów, czyli wartości wskaźników

skumulowanego zużycia energii oraz emisji CO_2 dla materiałów projektowanej ściany.

W opracowaniu przyjęto wartości z opracowania „Baza danych o wartościach emisji CO_2 i wartościach energii skumulowanej dla głównych technologii budowlanych w Polsce”⁹.

Wartości, ze względu na różne miejsca wytwarzania i produkcji, różnią się dla różnych opracowań.



Tabela 5.1. przedstawia zestawienie przybliżonych wartości energii skumulowanej i emisji CO_2 dla uproszczonych przegród warstwowych spełniających wymagania na współczynnik przenikania ciepła $U_c=0,20 \text{ [W}/\text{m}^2\text{K}]$.

⁹ Opracowanie: Baza danych o wartościach emisji CO_2 i wartościach energii skumulowanej dla głównych technologii budowlanych w Polsce. Projekt: „Innowacyjne środki i efektywne metody poprawy bezpieczeństwa i trwałości obiektów budowlanych i infrastruktury transportowej w strategii zrównoważonego rozwoju”, Dr inż. Arkadiusz Węglarz, Dr hab. inż. Prof. PW Krzysztof Żmijewski, Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej oraz mgr inż. Monika Jarzemska Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A.

Tabela 5.1. Przybliżone wartości energii skumulowanej i emisji CO₂ dla schematów przegród warstwowych spełniających wymagania dla współczynnika przenikania ciepła U_c=0,20 [W/m²K]

Konstrukcja	Rodzaj ściany warstwowej izolowanej [grubości materiałów w m]	Wartość energii skumulowanej 1 m ² ściany w MJ	Wielkość emisji CO ₂ w kg na 1 m ²
żelbetowa	tynk cementowo-wapienny gr.0,02 żelbet gr.0,25 styropian gr. 0,18 tynk cienkowarstwowy gr. 0,003	1 951	131
beton komórkowy	tynk cementowo-wapienny gr.0,02 beton komórkowy gr.0,36 styropian gr. 0,12 tynk cienkowarstwowy gr. 0,003	796	45
	tynk cementowo-wapienny gr.0,02 beton komórkowy gr.0,24 styropian 0,14 tynk cienkowarstwowy 0,003	702	35
	tynk cementowo-wapienny gr.0,02 beton komórkowy gr.0,24 wełna mineralna 0,15 tynk cienkowarstwowy 0,003	682	53
pustak ceramiczny poryzowany	tynk cementowo-wapienny gr.0,02 pustak poryzowany gr.0,30 wełna mineralny gr. 0,04 tynk cienkowarstwowy gr. 0,003	1 324	250
	tynk cementowo-wapienny gr.0,02 pustak poryzowany gr.0,25 wełna mineralny gr. 0,16 tynk cienkowarstwowy gr. 0,003	1 304	224
cegła piaskowo-wapienna – silikon	tynk cementowo-wapienny gr.0,02 cegła piaskowo-wapienna gr.0,25 wełna mineralna 0,17 tynk cienkowarstwowy 0,003	659	25
	tynk cementowo-wapienny gr.0,02 cegła piaskowo-wapienna gr.0,25 styropian 0,16 tynk cienkowarstwowy 0,003	804	15

drewniana	płyta gipsowo-kartonowa gr.0,0125 bal drewniany gr.0,25 wełna mineralna 0,15 tynk cienkowarstwowy 0,003	676	22
	płyta gipsowo-kartonowa gr.0,0125 szkielet drewniany gr.0,2 wypełnienie wełna mineralna 0,19	499	25

Analizując przegrody pod kątem energii potrzebnej do przygotowania materiałów dla 1 m² przegrody widać, że największa ilość energii jest potrzebna do wykonania ściany żelbetowej zaizolowanej styropianem. Jest to blisko 2000 MJ w 1 m². Gdy przegroda zbudowana jest z ceramicznego pustaka poryzowanego, izolowanego wełną mineralną, wartość energii skumulowanej jest o 35% mniejsza. Należy jednak zwrócić uwagę, że mniejszą ilością energii skumulowanej będzie charakteryzować się ściana, gdzie stosunek ilości izolacji do ilości materiału konstrukcyjnego będzie możliwie duży. Jeszcze niższe wartości uzyskuje się, gdy materiałem konstrukcyjnym ściany jest beton komórkowy (zwłaszcza, gdy minimalizuje się użycie cementu). Ściana taka zaizolowana styropianem będzie miała ok. 35-40% wartości energii skumulowanej w stosunku do wyjściowej ściany żelbetowej. Gdy jako materiał izolacyjny wykorzystana jest tu wełna mineralna wtedy energia skumulowana jest jeszcze mniejsza. Innym rozwiązaniem niskoenergetycznym są ściany silikatowe, czyli z cegły piaskowo-wapiennej, zwłaszcza gdy są izolowane wełną mineralną czy ściany z bali drewnianych lub w szkielecie drewnianym.



Pod kątem emisji CO₂ najmniej korzystnymi rozwiązaniami są ściany z ceramiki, co jest związane z procesem termicznego wypalania elementów ceramicznych. Rozwiązanie to jest nawet mniej korzystne niż ściany żelbetowe, dla których emisja CO₂, mimo że blisko dwukrotnie mniejsza, to jednak wciąż jest bardzo wysoka. Zdecydowanie lepszymi rozwiązaniami są ściany z betonów komórkowych, dla których emisja CO₂ stanowi 13-18% tej dla ścian ceramicznych. Jeszcze niższą emisją charakteryzują się ściany z pustaków silikatowych i ściany drewniane. Najmniejszym poziomem emisji charakteryzują się ściany drewniane, które w zależności od przetworzenia drewna z izolacją z wełny drzewnej, zamiast wełny mineralnej, mogą charakteryzować się nawet zerowym poziomem emisji.



Dodatkowo istotny, z punktu widzenia energii skumulowanej i emisji CO₂, jest sposób wykończenia elewacji. Tabela 5.2. przedstawia zestawienie przybliżonych wartości energii skumulowanej i emisji CO₂ dla najbardziej typowych rodzajów materiałów elewacyjnych. Wartości te nie biorą pod uwagę sposobu montażu. Wartości te trzeba zsumować z konkretnym rozwiązaniem ściany.

Tabela 5.2. Wartości energii skumulowanej i emisji CO₂ dla niektórych rodzajów materiałów elewacyjnych

Rodzaj materiału elewacyjnego	Wartość energii skumulowanej 1m ² ściany w MJ	Wielkość emisji CO ₂ w kg na 1m ²
drewno	60-120	0
blacha	1164	100
kamień piaskowiec	130	8
tynek strukturalny	43	3
szkło	1214	86
cegła licówka	1026	68

Najwyższe wartości energii skumulowanej ma wykończenie ze szkła, blachy i cegły licowej. Stanowi to czasem drugie tyle energii co sama konstrukcja ścian. Wykończenie z płyt kamiennych charakteryzuje się mniejszą wartością energii skumulowanej. Elewacje z drewna będą miały wielkość energii uzależnioną od miejsca pochodzenia i sposobu przetworzenia drewna. Najkorzystniejszym wykończeniem w tym wypadku jest tynek strukturalny.

Biorąc pod uwagę emisję CO₂, najmniej korzystnym rozwiązaniem jest wykończenie z blachy. Ceramika i szkło mają wartość mniejszą. Tu najkorzystniejszymi rozwiązaniami jest elewacja kamienna i wykończenie tynkiem.

Projektując rozwiązania układu ścian należy pamiętać o wpływie jaki ma strata ciepła przez te elementy na energię eksploatacyjną. Im lepszą izolacyjnością charakteryzują się ściany (tj. niższą wartością współczynnika przenikania ciepła U) tym mniejsza będzie strata ciepła na przenikanie (a pośrednio również wielkość emisji CO₂ związanej z dostarczeniem energii) podnosząc jednak wartość energii skumulowanej. Tabela 5.3. przedstawia zestawienie energii skumulowanej i emisji CO₂ dla ścian analogicznych z wcześniej przedstawionymi, ale o U= 0,15 i U= 0,10 [W/m²K].

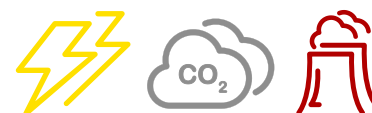


Tabela 5.3. Przybliżone wartości energii skumulowanej i emisji CO₂ dla schematów przegród warstwowych o lepszym współczynniku przenikania ciepła $U_c=0,15$ i $U_c=0,10$ [W/m²K]

Konstrukcja	Rodzaj ściany warstwowej izolowanej [grubości materiałów w m]	Wartość U_c		Wartość U_c	
		$U_c=0,15$ [W/m ² K]		$U_c=0,10$ [W/m ² K]	
		Wartość energii skumulowanej 1 m ² ściany w MJ	Wielkość emisji CO ₂ w kg na 1 m ²	Wartość energii skumulowanej 1 m ² ściany w MJ	Wielkość emisji CO ₂ w kg na 1 m ²
żelbetowa	tynk cementowo-wapienny gr.0,02	2 126	136	2 554	143
	żelbet gr.0,25				
	styropian gr. 0,18				
	tynk cienkowarstwowy gr. 0,003				
beton komórkowy	tynk cementowo-wapienny gr.0,02	946	49	1 246	56
	beton komórkowy gr.0,36				
	styropian gr. 0,12				
	tynk cienkowarstwowy gr. 0,003	852	39	1 152	47
	tynk cementowo-wapienny gr.0,02				
	beton komórkowy gr.0,24				
styropian 0,14	682	53	892	70	
tynk cienkowarstwowy 0,003					
wełna mineralna 0,15					
tynk cienkowarstwowy 0,003					

pustak ceramiczny poryzowany	tynk cementowo-wapienny gr.0,02 pustak poryzowany ($\lambda = 0,075$ W/mK) gr.0,30 wełna mineralny gr. 0,04 tynk cienkowarstwowy gr. 0,003	1 427	258	1 639	275
	tynk cementowo-wapienny gr.0,02 pustak poryzowany ($\lambda = 0,283$ W/mK) gr.0,25 wełna mineralny gr. 0,16 tynk cienkowarstwowy gr. 0,003	1 409	233	1 604	248
cegła piaskowo-wapienna - silikon	tynk cementowo-wapienny gr.0,02 cegła piaskowo-wapienna gr.0,25 wełna mineralna 0,17 tynk cienkowarstwowy 0,003	774	35	974	51
	tynk cementowo-wapienny gr.0,02 cegła piaskowo-wapienna gr.0,25 styropian 0,16 tynk cienkowarstwowy 0,003	953	19	1 304	28
drewniana	płyta gipsowo-kartonowa gr.0,0125 bal drewniany gr.0,25 wełna mineralna 0,15 tynk cienkowarstwowy 0,003	781	31	961	45
	płyta gipsowo-kartonowa gr.0,0125 szkielet drewniany gr.0,2 wypełnienie wełna mineralna 0,25 lub 0,36	588	32	754	46

Obecnie na rynek wchodzi również nowoczesne materiały izolacyjne, jak np. aerożele. Mimo, że charakteryzują się one bardzo dobrymi parametrami cieplnymi, co pozwala na mniejsze ich użycie, to przegrody zaizolowane nimi mają raczej wyższe wartości zarówno energii skumulowanej, jak i emisji CO₂ ze względu na wyższe wartości wskaźników materiałowych. Ich stosowanie znajduje uzasadnienie tam, gdzie ze względu na charakter obiektu czy jego funkcje należy zastosować izolację jak najmniejszej grubości.



Organizacja procesu projektowego oraz budowy powinna mieć na celu ograniczanie ilości powstających odpadów. Już na etapie projektowania należy tak dobrać materiały, aby oprócz uwzględnienia o sposobu i czasie ich użytkowania uwzględnić możliwości, technologie, metody ich przetworzenia i ponownej rozbiórki. Analiza wpływu ścian pod kątem produkowanych odpadów powinna być rozważona szczególnie pod kątem możliwości recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami i utylizacji użytych materiałów zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska⁸. Materiały, które są zdrowe, nietoksyczne, modyfikowalne, bezpieczne można użyć ponownie zmniejszając koszty środowiskowe związane z transportem i składowaniem odpadów. Bardzo dobrym przykładem jest tu stal, która użyta w konstrukcji może być ponownie użyta dodatkowo zmniejszając energię wbudowaną kolejnych elementów stalowych. Również inne materiały przy prowadzonej w sposób przemyślany rozbiórce mogą być wykorzystane ponownie np. gabiony z kruszonym betonem, przetworzenie elementów drewnianych na płyty wiórowe czy OSB, itp.



Projektowanie ścian pod kątem emisji, efektywności energetycznych oraz współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej było podstawą do zaproponowania rozwiązań w trzech kategoriach: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i kategoria III – standardowa (Tabela 5.4.). Materiały stosowane w budynkach ekologicznych powinny oprócz spełnienia wymagań przepisów prawa, charakteryzować się możliwie niską energią skumulowaną oraz możliwie najmniejszą emisją CO₂.

Tabela 5.4. Proponowane kategorie dla ścian: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa

Kategoria	III	II	I
Przykładowe rozwiązania ścian	<p>Wszystkie ściany i pionowe elementy konstrukcyjne (np. słupy) spełniają wymagania przepisów prawa, szczególnie pod względem parametrów cieplno-wilgotnościowych</p> <p>Dla ścian i elementów zewnętrznych i współczynnik przenikania ciepła $U_c < 0,20$ [W/m²K]</p>	<p>Wszystkie ściany i pionowe elementy konstrukcyjne (np. słupy) powinny spełnić wymagania przepisów prawa szczególnie pod względem parametrów cieplno-wilgotnościowych</p> <p>Współczynnik przenikania ciepła powinien wynieść: $U_c < 0,15$ [W/m²K] oraz sumaryczna energia skumulowana dla 1m² ściany zewnętrznej powinna wynosić około 1000 MJ (np. elementy konstrukcji ostonowej z betonów komórkowych, silikatów i drewna) z wykończeniem elewacji tynkiem cienkowarstwowym, kamieniem lub drewnem</p>	<p>Wszystkie ściany i pionowe elementy konstrukcyjne (np. słupy) powinny spełnić wymagania przepisów prawa szczególnie pod względem parametrów cieplno-wilgotnościowych, współczynnik przenikania ciepła powinien wynieść: $U_c < 0,10$ [W/m²K] oraz sumaryczna energia skumulowana dla 1m² ściany zewnętrznej powinna być poniżej 1000 MJ (np. elementy konstrukcji ostonowej z betonów komórkowych, silikatów i drewna), ale o możliwie najmniejszej emisji CO₂ liczonej dla 1m² przegrody</p>

Rekomendacje i uwagi

Analizując wpływ na środowisko ścian zewnętrznych należy przede wszystkim pamiętać, że poprawa izolacyjności przegród, czyli zwiększenie grubości izolacji ścian, zwiększa koszt materiału, ale nie zmienia kosztów stałych, ani kosztów robocizny. Jednocześnie zwiększenie kosztów wiąże się co prawda ze zwiększeniem jednorazowo kosztów inwestycji, ale potem rokrocznie zmniejsza koszty eksploatacyjne.

Zmniejszenie kosztów środowiskowych (ograniczanie energii wbudowanej oraz emisji CO₂) trudno jest uwzględnić w rachunku ekonomicznym, ale powinno być brane pod uwagę przez instytucje państwowe i samorządowe.

5.3. Podłogi na gruncie i ściany stykające się z gruntem

Elementy stykające się z gruntem odpowiadają za straty na przenikanie, ale w mniejszym stopniu niż ściany zewnętrzne min. ze względu na zwykle mniejsza powierzchnię niż inne

elementy oraz ze względu na mniejsze gęstości strumieni ciepła wynikające z mniejszych różnic temperatur (temperatura w gruncie jest często przyjmowana jako stała w ciągu roku na poziomie około 8°C).

Wpływ na środowisko

Wybór rozwiązań w zakresie podłóg na gruncie i ścian stykających się z gruntem ma znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko na etapie wznoszenia budynku, eksploatacji, rozbiórki i utylizacji. Rodzaje oddziaływania na środowisko przez ten element budynku to:



- ryzyko większego zużycia energii poprzez:
 - nadmierne straty ciepła przez przenikanie,
 - użycie materiałów o wysokiej wartości energii skumulowanej,
- ryzyko większej emisji CO₂ związanej z koniecznością zapewnienia większego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną ze źródeł konwencjonalnych a co za tym idzie większa emisja CO₂
- ryzyko większej emisji zanieczyszczeń powietrza związanych ze zwiększeniem zapotrzebowania na energię z konwencjonalnych paliw kopalnych na etapie eksploatacji (np. w wyniku stosowania materiałów o mniejszej izolacyjności cieplnej) co wiąże się z produkcją benzo(a)pirenów, pyłów PM 2,5 oraz PM 10,
- ryzyko produkcji odpadów na etapie rozbiórki, ponownego wykorzystania, odzysku, recyklingu lub utylizacji przez zastosowanie materiałów trudnych do przetworzenia, czy ponownego wykorzystania.

Poniżej opisano szerzej wpływ podłóg na gruncie i ścian stykających się z gruntem na poszczególne komponenty środowiska razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływaniu na środowisko.

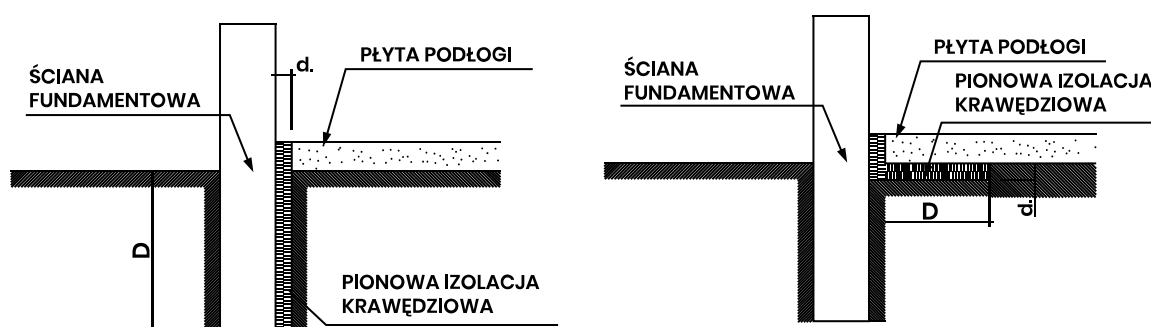
Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływaniu na środowisko

Popularne rozwiązania podłóg na gruncie, w przypadku zastosowania ław i płyt fundamentowych, wymagają przede wszystkim zastosowania odpowiednich materiałów



izolacyjnych, minimalizujących straty ciepła przez grunt. Zastosowany materiał izolacyjny musi być dostosowany przede wszystkim do warunków gruntowo wodnych i do funkcji pomieszczeń przygruntowych. Najbardziej typowym materiałem izolacyjnym jest tu polistyren ekstrudowany, ze względu na właściwości zminimalizowanej nasiąkliwości i wysokiej wytrzymałości. Popularnym materiałem, który jednak nie powinien być stosowany w kontakcie z gruntem, jest również ekspandowany polistyren. Rzadziej wykorzystywanym materiałem jest wełna mineralna, mimo że jej hydrofobizacja (proces nadania właściwości

„odpychania” wody) pozwala na stosowanie jej bezpośrednio w kontakcie z gruntem, jednak jej wytrzymałość na ściskanie jest znacznie mniejsza. Ze względu na to, że grunt pod budynkiem ma względnie stałą temperaturę, przytoczone w rozdziale 6 wymagania dla współczynnika przenikania ciepła są łagodniejsze niż dla pozostałych przegród zewnętrznych ($U=0,30$ [W/m²K]). Można to wymaganie spełnić izolując podłogę kilku cm warstwą izolacji (np. ok 10 cm) Należy jednak zdawać sobie sprawę, że ogromny wpływ na straty ciepła przez przegrody w kontakcie z gruntem ma tzw. izolacja krawędziowa. Jest to dodatkowa izolacja na ścianie zewnętrznej lub podłodze na gruncie, w pasie ok. 1 metra, zmniejszająca stratę ciepła przez wychłodzony grunt wokół budynku (Rys. 5.3).



Rys. 5.3. Schematyczny przykład zastosowania izolacji krawędziowej wg normy gruntowej¹⁰

Coraz bardziej popularne stają się rozwiązania podłóg na gruncie z wykorzystaniem płyty żelbetowej. Takie rozwiązania dają przede wszystkim możliwość uniknięcia odwodowych mostków termicznych (zachowanie ciągłości izolacji poziomej z podłogi z izolacją pionową ścian zewnętrznych), mogących mieć ogromne znaczenie dla strat ciepła na etapie eksploatacji budynku.

W przypadku podłóg na gruncie i ścian stykających się z gruntem nie zawsze jest możliwe zaproponowanie rozwiązań pod kątem emisji i efektywności energetycznej, ponieważ zwykle inne czynniki determinują wybór.

Zagadnieniem niezwykle istotnym z punktu widzenia użytkownika budynków jest odpowiednie zabezpieczenie przeciwwodne. Izolacje powinny stanowić układ ciągły i szczelny przed wnikaniem wody. Jeśli materiały przegród ulegają zawilgoceniu wpływa to negatywnie zarówno na ich izolacyjność cieplną (rosną straty ciepła) jak i na komfort użytkownika (zwiększone ryzyko rozwoju grzybów pleśniowych). Uszczelnienie przegród oraz wszystkich przejść technologicznych pozwala na też zmniejszyć ryzyko migracji do budynku szkodliwego radonu. Problem ten występuje w niektórych rejonach Polski (w strefach uskoku tektonicznych lub miejscach występowania uranu najczęściej na terenach górskich). W związku ze szkodliwością tego gazu (jeśli indeks radonowy działki, na której ma być posadowiony budynek, jest wysoki) należy pamiętać o konieczności zastosowania

¹⁰ PN ISO 13370 Ciepłne właściwości użytkowe budynków. Przenoszenie ciepła przez grunt. Metody obliczania.

materiałów antyradonowych np. specjalne folie lub papy. Najważniejsze jest jednak, aby „sytuacja radonowa” została rozpoznana na etapie projektowania wtedy na etapie wykonawstwa konieczna jest odpowiednia kontrola i nadzór.

W przypadku podłóg należy również pamiętać o wykorzystywaniu, jeśli to tylko możliwe (funkcja obiektu) materiałów ekologicznych, które po rozbiórce nie będą stanowiły jedynie odpadu bez możliwości ich ponownego wykorzystania. Tak się może stać przy zastosowaniu drewna polakierowanego lakierami, które emitują szkodliwe opary chemiczne.



Minimalizowanie odpadów można osiągnąć przez wykorzystanie substancji z odzysku np. przez wykorzystanie popiołów lotnych, granulowanego żużla wielkopiecowego.

Rekomendacje i uwagi

Podłogi na gruncie oraz ściany w kontakcie z gruntem to elementy, dla których względnie łatwo zadbać o odpowiednią izolacyjność termiczną, co przekłada się na zapotrzebowanie na energię. Niewskazane jest ograniczenie grubości materiałów izolacyjnych ze względu na mniejsze wymagania, gdyż przekłada się to również na zmniejszenie komfortu użytkowników pomieszczeń „przygruntowych”.

Tematem również istotnym jest odpowiednie zabezpieczenie wodochronne tych elementów, ponieważ ich zawilgocenie wpływa negatywnie na parametry cieplne. Jest ono jednocześnie zdecydowanie trudniejsze do naprawienia niż wykonanie go od początku dobrze.

5.4. Stropy wewnętrzne

Stropy wewnętrzne to elementy obudowy zewnętrznej zwykle nie odpowiadające za straty energii (ewentualne między strefowe różnice temperatur). Jest tu szczególnie istotne uwzględnienie rodzaju materiałów wykorzystanych do budowy.

Wpływ na środowisko

Wybór rozwiązań w zakresie stropów wewnętrznych ma znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko na etapie wznoszenia budynku, eksploatacji, rozbiórki i utylizacji. Rodzaje oddziaływania na środowisko przez ten element budynku to:



- ryzyko większego zużycia energii poprzez:
 - wykorzystanie materiałów o dużej energii skumulowanej,
- ryzyko większej emisji CO₂ związanej z wykorzystaniem materiałów o dużej emisji CO₂ na etapie produkcji materiałów,
- ryzyko większej emisji zanieczyszczeń powietrza, takich jak:

- o szkodliwe substancje lotne,
- ryzyko produkcji odpadów przez stosowanie materiałów o małych możliwościach przetworzenia i odzysku.

Poniżej opisano szerzej wpływ stropów wewnętrznych na poszczególne komponenty środowiska razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływaniu na środowisko.

Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływaniu na środowisko

Stropy wewnętrzne to elementy, które pod kątem wpływu na środowisko należy głównie oceniać przez pryzmat energii wbudowanej oraz, w okresie eksploatacji, pod kątem możliwego biernego wykorzystania zysków ciepła od promieniowania słonecznego. Zasadą jest, że im większa masa elementu, tym zwykle większa jest jego zdolność do gromadzenia, a później oddawania energii.



Stropy wewnętrzne w budynkach użyteczności publicznej są często elementem, przy którym (w stropach podwieszonych lub podłogach podniesionych) lokowane są instalacje. Odpowiednia izolacja tych elementów wiąże się więc często, nie z koniecznością zapewnienia odpowiedniej izolacyjności cieplnej, a ochrony akustycznej.

Rekomendacje i uwagi

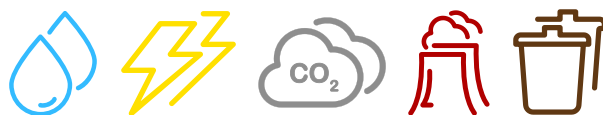
Szczególne uwagi należy zwrócić na stosowanie ekologicznych, naturalnych materiałów wykończeniowych dla zapewnienia zarówno komfortu cieplnego i akustycznego przebywających w nim ludzi, jak również zwiększenia możliwości odzysku i recyklingu materiałów.

5.5. Stropodachy (dachy zielone) i dachy

Stropodach i dachy stanowią elementy „zamykające” budynek i chroniące go przed wpływem opadów atmosferycznych i wiatru. Szczególnie więc, oprócz izolacyjności cieplnej, ważna jest ich szczelność. W związku z tym, że w dzisiejszych czasach niezwykle istotna jest możliwość wykorzystania odnawialnych źródeł energii warto tak zaprojektować te elementy, aby mogły przenieść dodatkowy ciężar ogniw fotowoltaicznych i kolektorów słonecznych.

Wpływ na środowisko

Wybór rozwiązań w zakresie stropodachów i dachów ma znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko



na etapie wznoszenia budynku, eksploatacji, rozbiórki i utylizacji. Rodzaje oddziaływania na środowisko przez ten element budynku to:

- ryzyko większego zużycia energii,
- ryzyko większej emisji CO₂,
- ryzyko większej emisji zanieczyszczeń powietrza związanej z nadmiernym zużyciem energii ze źródeł kopalnych,
- ryzyko nadmiernego zużycia wody w systemach odwróconych bez warstw gromadzących wodę
- ryzyko produkcji odpadów w wyniku zastosowania materiałów o małych możliwościach recyklingu i odzysku.

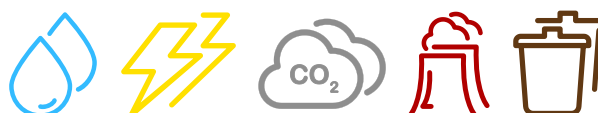
Poniżej opisano szerzej wpływ stropodachów i dachów na poszczególne komponenty środowiska razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływaniu na środowisko.

Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływaniu na środowisko

Stropodachy i dachy w obiektach są przegrodami, dla których zwykle najłatwiej wykonać odpowiednią warstwę izolacji termicznej. Opór cieplny przegród zwiększa nie tylko dzięki ułożonej warstwie izolacji, ale również przy zastosowaniu warstwy spadkowej z materiału izolacyjnego. Pozwala to uzyskać bardzo dobre (niskie) wartości współczynników przenikania ciepła co zmniejsza straty na przenikanie, a co za tym idzie zapotrzebowanie na energię oraz emisję dwutlenku węgla.



Każdy projekt budowlany musi być wykonany zgodnie z wytycznymi miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego lub w przypadku jego



braku, warunkami zabudowy i zagospodarowania terenu, w których jest określana wielkość powierzchni biologicznie czynnej. Inwestorom często ciężko spełnić wymagania w tym zakresie. Dobrym wyjściem z sytuacji może okazać się wykonanie wtedy na obiekcie tzw. dachu zielonego. Może być to przestrzeń z roślinnością ekstensywną lub intensywną i stanowić ona może dodatkową przestrzeń, nie tylko rekreacji czy odpoczynku dla użytkowników, ale również przestrzeń zmniejszającą zanieczyszczenie powietrza i emisję CO₂. Współcześnie, takie powierzchnie coraz częściej wykorzystywane są na tąki dla hodowanych na nich pszczoł miodnych – pozwala to zachować równowagę biologiczną w miejscach bardzo gęstej zabudowy, tam gdzie następuje zaburzenie równowagi łańcucha pokarmowego. Należy jednak pamiętać, aby tak zaprojektować układ warstw na tarasie zielonym, aby miał on zdolność gromadzenia wody z opadów atmosferycznych, aby nie było konieczności dodatkowego podlewania go w czasie okresów suchych.

Podobnie jak dla innych elementów obudowy zewnętrznej należy tak zorganizować proces projektowy oraz wykonawczy, aby ograniczyć ilości powstających odpadów. Już na etapie projektowania należy tak dobrać materiały, aby oprócz uwzględnienia sposobu i czasu ich użytkowania uwzględnić możliwości, technologie, metody ich przetworzenia i ponownej rozbiórki. Analiza wpływu środowiskowego stropodachów i dachów pod kątem produkowanych odpadów powinna być przeprowadzona z uwzględnieniem możliwości recyklingu, przygotowania do ponownego użycia i odzysku innymi metodami i utylizacji użytych materiałów zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska⁸. Materiały, które są zdrowe, nietoksyczne, modyfikowalne, bezpieczne można użyć ponownie zmniejszając koszty środowiskowe związane z transportem i składowaniem odpadów. Bardzo dobrym przykładem jest tu stal, która użyta w konstrukcji może być ponownie użyta dodatkowo zmniejszając energię wbudowaną kolejnych elementów stalowych. Również inne materiały przy prowadzonej w sposób przemyślany rozbiórce mogą być wykorzystane ponownie np. gabiony z kruszonym betonem, przetworzenie elementów drewnianych na płyty wiórowe czy OSB itp.



Projektowanie dachów i stropodachów pod kątem emisji CO₂, efektywności energetycznych oraz współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej było podstawą do zaproponowania rozwiązań w trzech kategoriach: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa (Tabela 5.5).

Tabela 5.5. Proponowane kategorie dla dachów i stropodachów: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa

Kategoria	III	II	I
Przykładowe rozwiązania dachów i stropodachów	<p>Wszystkie przegrody poziome spełniają wymaganie przepisów prawa pod względem parametrów cieplno-wilgotnościowych</p> <p>Współczynnik przenikania ciepła dla dachów i stropodachów powinien wynosić: $U_c < 0,15$ [W/m²K]</p>	<p>Wszystkie przegrody poziome powinny spełniać wymagania przepisów prawa pod względem parametrów cieplno-wilgotnościowych i Współczynnik przenikania ciepła dla dachów i stropodachów powinien wynosić: $U_c < 0,15$ [W/m²K]</p> <p>Dachy i stropodachy powinny być zaprojektowane w sposób umożliwiający zastosowanie na przynajmniej 50% powierzchni dachu odnawialnych źródeł energii takich jak ogniwa fotowoltaiczne czy kolektory słoneczne lub dachu zielonego</p>	<p>Wszystkie przegrody poziome powinny spełniać wymagania przepisów prawa pod względem parametrów cieplno-wilgotnościowych i Współczynnik przenikania ciepła dla dachów i stropodachów powinien wynosić: $U_c < 0,10$ [W/m²K]</p> <p>Dachy i stropodachy powinny być zaprojektowane w sposób umożliwiający zastosowanie na przynajmniej 100% powierzchni dachu odnawialnych źródeł energii takich jak ogniwa fotowoltaiczne czy kolektory słoneczne lub dachu zielonego</p>

Rekomendacje i uwagi

Stropodach/dach jest najbardziej naturalnym miejscem lokalizacji odnawialnych źródeł energii takich jak np. ogniwa fotowoltaiczne (produkcja energii elektrycznej), czy kolektory słoneczne (produkcja energii cieplnej). Budynki, które mają być obiektami blisko zero energetycznymi muszą zastosować jakiś rodzaj OZE, aby zmniejszyć zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną. Obciążenia związane z dodatkowymi instalacjami muszą być brane pod uwagę podczas projektowania stropodachów/dachów.

5.6. Stolarka okienna i drzwiowa, świetliki

Stolarka okienna i drzwiowa stanowi wciąż jeden ze „stabszych” cieplnie i akustycznie elementów obudowy zewnętrznej, zarówno w odniesieniu do samych elementów (wyższe

wartości współczynnika przenikania ciepła U_o), jak i ich połączeń z innymi elementami obudowy zewnętrznej (mostki termiczne).

Na podstawie przepisów Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego¹¹ stolarka podlega ocenie energetycznej, która ma na celu informowanie m.in. o:

- parametrach cieplnych elementu, a co za tym idzie o ochronie przed nadmiernymi stratami ciepła,
- parametrach przepuszczalności, czyli zapewnieniu odpowiedniego oświetlenia światłem dziennym oraz ochronie przed nadmiernymi zyskami ciepła,
- parametrach ochrony przed hałasem,
- szczelności elementów (np. zapewnienie dopływu powietrza – wentylacja naturalna).

Stolarka składa się z dwóch elementów:

- nieprzeziernego elementu mocującego – ramy (okno w ścianie lub dachu oraz zestaw szybowy w skrzydle)
- przeziernego elementu – zestawu szybowego.

Wpływ na środowisko

Wybór rozwiązań w zakresie stolarki okiennej, drzwiowej i świetlików ma znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko na etapie wznoszenia budynku, eksploatacji, rozbiórki i utylizacji. Rodzaje oddziaływania na środowisko przez ten element budynku to:



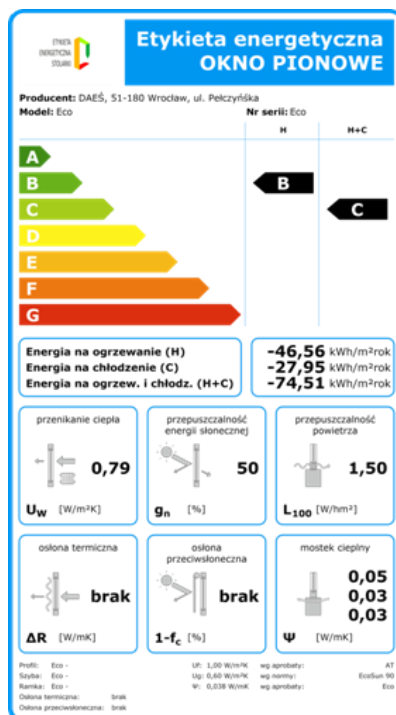
- ryzyko większego zużycia energii poprzez:
 - zastosowanie okien o nie wystarczającym (zbyt wysokim współczynniku przenikania ciepła,
- ryzyko większej emisji CO₂ na etapie eksploatacji budynku związanej z nadmiernymi stratami ciepła,
- ryzyko większej emisji zanieczyszczeń powietrza związanych z nadmiernymi stratami ciepła,
- ryzyko produkcji odpadów przy zastosowaniu ram trudnych w procesie recyklingu i odzysku.

¹¹ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/1369 z dnia 4 lipca 2017 r. ustanawiające ramy etykietowania energetycznego i uchylające dyrektywę 2010/30/UE.

Poniżej opisano szerzej wpływ stolarki okiennej, drzwiowej i świetlików na poszczególne komponenty środowiska razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływaniu na środowisko.

Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływaniu na środowisko

Rama ma zwykle słabsze parametry współczynnika przenikania ciepła niż zestawy szybowe. Obecnie dostępne na rynku okna zespolone, mają zdecydowanie lepsze parametry niż dawniej stosowane okna skrzynkowe, krosnowe czy ościeżnicowe. Na ostateczną wartość współczynnika przenikania ciepła dla całej konstrukcji okna składa się średnia ważona powierzchniami U_f dla zestawu ramowego i U_g zestawu szybowego oraz liniowy mostek termiczny Ψ jaki powstaje na połączeniu ramy z szybą w wyniku zastosowania tzw. ramki dystansowej. Stosowanie tradycyjnych ramek dystansowych (stalowych lub aluminiowych) zwykle oznacza, że wartość ostateczna U_o dla całego okna może być większa niż średnia ważona wartość dla ramy i zestawu szybowego oddzielnie. Coraz częściej więc stosuje się obecnie tzw. „ciepłe” tworzywowe ramki dystansowe, które pozwalają łatwiej uzyskać wymaganą wartość U_o . Ze względu na rosnące wymagania dla współczynnika przenikania ciepła, producenci okien oferują zestawy szybowe o parametrach coraz bardziej zbliżonych do izolowanych przegród. Producenci przedstawiają parametry dla okien na etykietach energetycznych (Rys. 5.4.).



Rys. 5.4. Przykładowa etykieta energetyczna dla okien

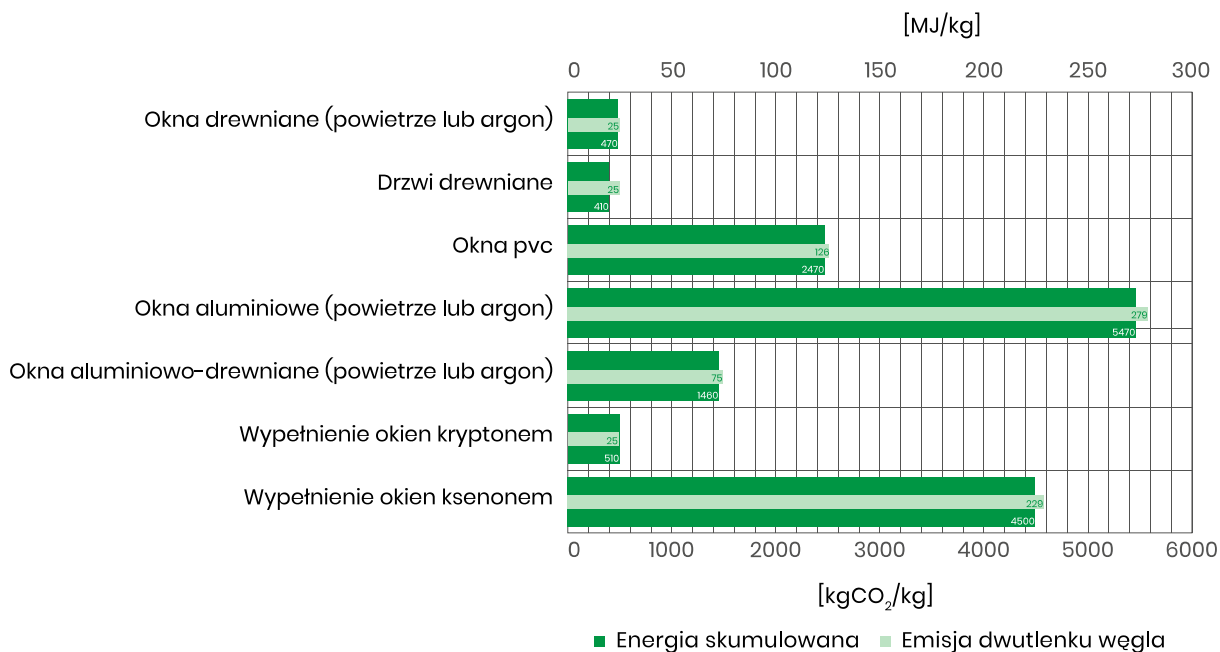
Projektując okna w budynku należy dążyć do tego, żeby ich bilans energetyczny był dodatni tzn. aby w okresie obliczeniowym (w przypadku obiektów bez instalacji chłodzenia – sezon grzewczy, w przypadku budynków z instalacją chłodzenia – jeden rok) więcej energii było przez okna pozyskiwane niż tracone. Należy jednak uważać, żeby ten pozytywny bilans nie był osiągnięty kosztem przegrzewania się pomieszczeń w okresie letnim tzn., aby ilość energii koniecznej na chłodzenie pomieszczeń w okresie lata nie była wyższa niż zyski z promieniowania przetożone na bierne pozyskiwanie energii w okresie zimy. Optymalną powierzchnię okien można oszacować wykorzystując np. współczynnik WWR (Window to Wall Ratio):



$$WWR = \frac{\Sigma \text{powierzchnia przeszklenia}}{\Sigma \text{powierzchnia ściany zewnętrznej brutto}}$$

gdzie obie powierzchnie liczy się w m². Wskazane jest, aby WWR nie przekraczał wartości 35%. Oczywiście jest to wartość jedynie szacunkowa, a jej ewentualne przekroczenie powinno wiązać się z dokładną analizą i zastosowaniem środków zaradczych na etapie projektowania (np. zastosowanie zacienień czy przestonięć).

Wpływ na środowisko stolarki okiennej na podstawie energii skumulowanej w MJ na 1 kg oraz emisji CO₂ w kg CO₂ na 1 kg okna jest trudny do oszacowania, gdyż dla okien o różnych proporcjach udziału ramy do szklenia wartości te będą inne. Rys. przedstawia przybliżone wartości wskaźników energii skumulowanej i emisji CO₂ dla okien dwuszybowych w zależności od zastosowanego materiału ramy i wypełnienia zestawu szybowego. Widać, że najmniejszy wpływ na środowisko, analizując oba czynniki, mają okna o ramie drewnianej. Dużo większymi wartościami charakteryzują się okna o ramach tworzywowych, a najwyższe o ramach aluminiowych. Ramy mieszane aluminiowo-drewniane (wykorzystujące zalety pod względem trwałości i odporności na działanie środowiska zewnętrznego obu materiałów) mają wartości trzykrotnie większe niż same ramy drewniane, ale mniejsze niż ramy tworzywowe czy aluminiowe. Poza tym wypełnienie w przestrzeni międzyszybowej gazami szlachetnymi będzie wiązało się z dodatkowym oddziaływaniem na środowisko.



Rys. 5.5. Wartości energii skumulowanej oraz emisji CO₂ dla niektórych rodzajów stolarki okiennej i drzwiowej (różne materiały i różne wypełnienie przestrzeni międzyszybowej)

Stolarkę drzwiową, zarówno na poziomie eksploatacyjnym, jak i produkcyjnym, czego przykładem są drzwi drewniane, będą obowiązywały podobne zasady (wymagania dotyczące współczynnika przenikania ciepła U) oraz zbliżone wartości energii skumulowanej i emisji, jak dla okien z analogicznych materiałów.

W odniesieniu do świetlików dachowych powinno się stosować takie wymagania, jak dla stolarki okiennej. Należy pamiętać, aby miejsca i sposób ich mocowania nie powodowały powstawania mostków termicznych. Powstanie mostków termicznych jest częstym i niebezpiecznym problemem, szczególnie, gdy w wyniku ich powstania dochodzi do kondensacji powierzchniowej i rozwoju grzybów pleśniowych. Szczególnym rodzajem świetlików dachowych są stosowane coraz częściej świetliki tunelowe, dla których obowiązują te same zasady jak dla okien.

Wybór okien powinien brać pod uwagę możliwości odzysku i recyklingu elementów przeszklonych dla zmniejszenia ilości odpadów. W przypadku ramy możliwość odzysku i ewentualnego recyklingu jest możliwa w zależności od rodzaju zastosowanych ram.



Analiza efektywności energetycznej oraz współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla stolarki okiennej, drzwiowej oraz świetlików były podstawą do zaproponowania rozwiązań w trzech kategoriach: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i kategoria III – standardowa (Tabela 5.6). Materiały okien i drzwi stosowane w budynkach ekologicznych powinny, oprócz spełnienia wymagań przepisów prawa, charakteryzować się możliwie niską energią skumulowaną oraz możliwie najmniejszą emisją CO₂.

Tabela 5.6. Proponowane kategorie dla stolarki okiennej i drzwiowej: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa

Kategoria	III	II	I
Przykładowe rozwiązania stolarki okiennej i drzwiowej	<p>Wszystkie elementy stolarki spełniają wymagania przepisów prawa pod względem parametrów cieplno-wilgotnościowych i współczynnika przenikania ciepła odpowiednio dla okien $U_o < 0,90$ [W/m²K], okien potłocowych $U_o < 1,1$ [W/m²K] oraz drzwi $U_o < 1,3$ [W/m²K]</p>	<p>Wszystkie elementy stolarki powinny spełniać wymagania przepisów prawa pod względem parametrów cieplno-wilgotnościowych.</p> <p>Współczynnik przenikania ciepła powinien być odpowiednio o ok. 20% mniejsza niż wartości wymagane oraz sumaryczna energia skumulowana dla 1 m² stolarki powinna wynosić około 3000 MJ a emisja CO₂ około 200 kg CO₂ dla 1 m² przegrody (np.: drewniane, aluminiowo-drewniane, PCV, wypełnione powietrzem, argonem lub kryptonem)</p>	<p>Wszystkie elementy stolarki powinny spełniać wymagania przepisów prawa pod względem parametrów cieplno-wilgotnościowych</p> <p>Współczynnik przenikania ciepła powinien być o ok. 30% mniejszym niż wartości wymagane oraz sumaryczna energia skumulowana dla 1m² stolarki powinna wynosić około 1000 MJ a emisja CO₂ około 100 kg CO₂ dla 1 m² przegrody (drewniane)</p>

Rekomendacje i uwagi

Dobór okien musi być przedmiotem dokładnej analizy, gdyż stolarka należy do jednych z najdroższych elementów. Inwestycja ta jednak przekłada się nie tylko na koszty, ale również, a może przede wszystkim, na komfort użytkowania pomieszczeń przez ludzi.

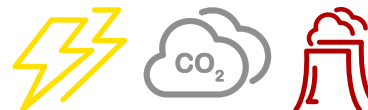
5.7. Mostki cieplne

Wykonanie elementów obudowy zewnętrznej: ścian, stropodachów, podłóg na gruncie itd. z uwzględnieniem ich wpływu na środowisko jest niezwykle istotne. Należy jednak pamiętać również o miejscach wszystkich węzłów konstrukcyjnych, które ze względu na swoją budowę

mogą stanowić mostki termiczne o dużym wpływie zarówno na straty ciepła, jak i na komfort użytkownika.

Wpływ na środowisko

Wybór rozwiązań w zakresie mostków cieplnych ma znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko na etapie wznoszenia budynku/eksploatacji/rozbiórki i utylizacji. Rodzaje oddziaływania na środowisko przez ten element budynku to:

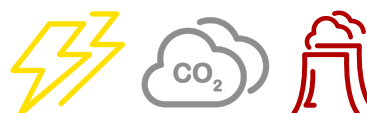


- ryzyko większego zużycia energii poprzez:
 - nadmierne straty ciepła przez liniowe mostki cieplne,
 - konieczność podniesienia temperatury wewnątrz dla uzyskania komfortowej temperatury odczuwalnej w pomieszczeniu mimo niskich temperatur na wewnętrznych powierzchniach w miejscach mostków,
- ryzyko większej emisji CO₂ na etapie eksploatacji budynku związanej ze zwiększonym zapotrzebowaniem na energię z paliw kopalnych, której pozyskanie wiąże się z dużą emisją CO₂
- ryzyko większej emisji zanieczyszczeń powietrza, takich jak np.: zarodniki grzybów pleśniowych.

Poniżej opisano szerzej wpływ mostków cieplnych na poszczególne komponenty środowiska razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływaniu na środowisko.

Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływaniu na środowisko

Dla zminimalizowania strat ciepła na przenikanie niezwykle istotne jest łączenie między sobą poszczególnych elementów obudowy (np.: ściana/ okno, ściana/ ściana, ściana/ strop, ściana/ dach) w sposób, który nie spowoduje powstania kolejnych dróg ucieczki ciepła, czyli mostków termicznych. Połączenie minimalizujące straty ciepła powstaje, jeśli ciągłość izolacji termicznej jest zapewniona. Przy dużych grubościach izolacji wszystkie takie połączenia należy zaplanować i zaprojektować przed przystąpieniem do budowy. W celu ułatwienia oceny wpływu mostków cieplnych na straty ciepła, wyróżnia się 4 klasy ich wpływu, bazując na wielkości liniowego współczynnika przenikania ciepła ψ :

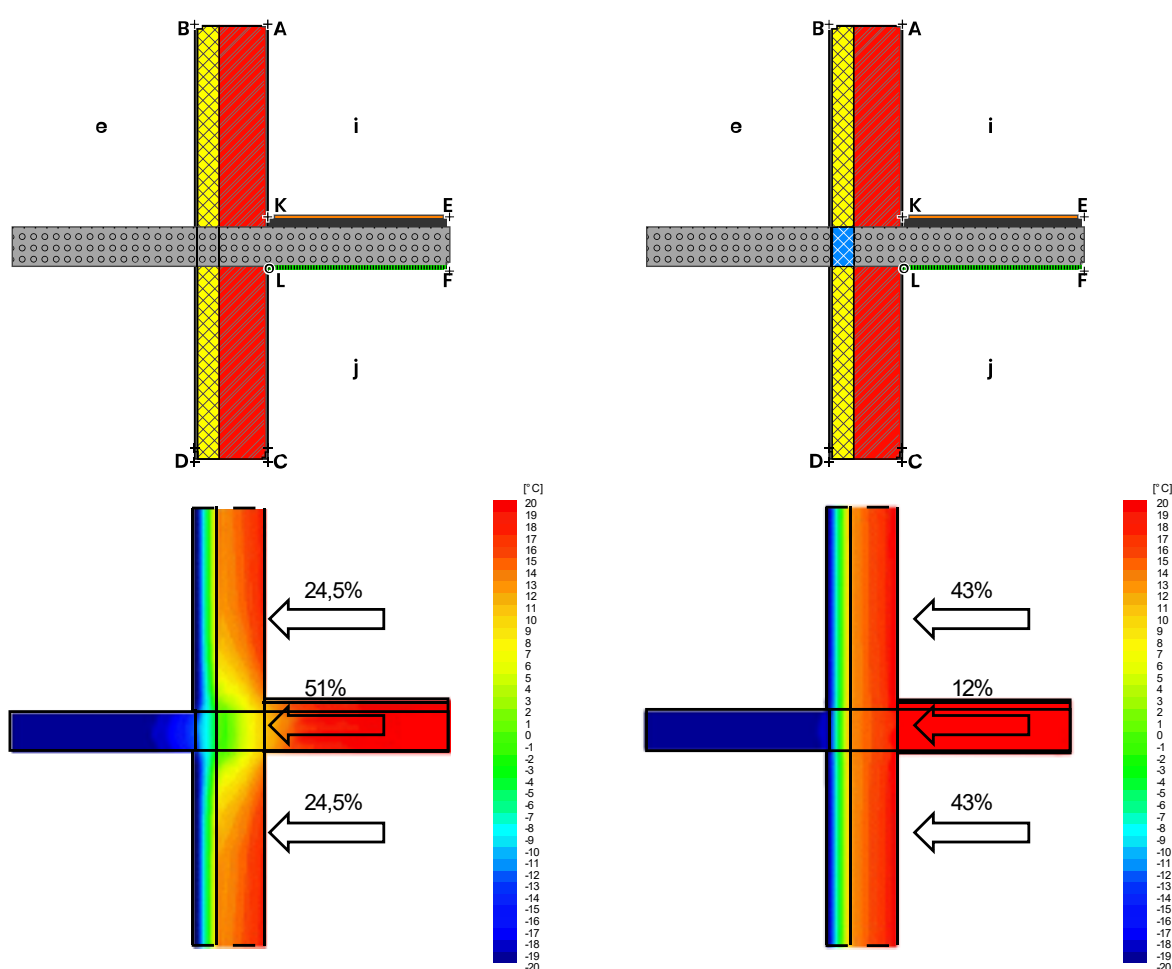


- C1, gdy $\psi < 0,10 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ – wpływ pomijalny,
- C2, gdy $0,1 \leq \psi < 0,25 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ – mały wpływ,
- C3, gdy $0,25 \leq \psi < 0,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ – duży wpływ,
- C4, gdy $\psi \geq 0,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ – bardzo duży wpływ.

Współczesne konstrukcje powinny być tak projektowane, aby wpływ mostków termicznych był pomijalnie mały. Brak dbałości o te detale potrafi zwiększyć straty ciepła przez przenikanie

nawet o 25%. Istnieje coraz więcej rozwiązań technologicznych, takich jak balkonowa przekładka izolacyjna lub belkowe elementy izolacyjne do połączeń ścian zewnętrznych z podłogami na gruncie. Na Rys. 5.6. przedstawiono analizę przykładowego węzła z płytą balkonową bez zastosowania przekładki izolacyjnej oraz z jej zastosowaniem.

Rozwiązania, w których występują znaczące mostki termiczne powodują obniżenie się temperatury na powierzchni wewnętrznej co może doprowadzić do kondensacji powierzchniowej i rozwoju grzybów pleśniowych, a to do zwiększenia stężenia tych zarodników w powietrzu, co może być bardzo niebezpieczne dla zdrowia użytkowników.



Rys. 5.6. Przykłady mostków termicznych dla węzła balkonowego bez i z przekładką izolacyjną i pola temperatur dla każdego z nich z oznaczeniem procentowych strat ciepła na węzle dla takich rozwiązań

Analiza wpływu mostków termicznych na straty ciepła przez mostki cieplne była podstawą do zaproponowania rozwiązań w dwóch kategoriach: I – najlepsza i II – standardowa (Tabela 5.7.).

Rekomendacje i uwagi

Obecnie projektowane obiekty powinny mieć z założenia mostki liniowe najwyższej klasy C1, czyli takie o wpływie pomijalnym

Uzupełnieniem tych działań jest zapewnienie szczelności obudowy, przy wykorzystaniu takich elementów jak folie, taśmy, szczelne tynki itp.

Tabela 5.7. Proponowane kategorie dla mostków termicznych: I – najlepsza, II – standardowa

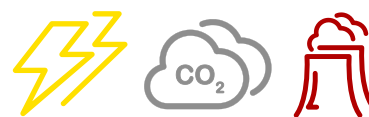
Kategoria	II	I
Przykładowe rozwiązania mostków cieplnych	Klasa C2, gdzie liniowy współczynnik przenikania ciepła $0,1 \leq \psi < 0,25$ [W/ (m · K)] co daje mały wpływ strat ciepła przez mostki termiczne	Klasa C1, gdzie liniowy współczynnik przenikania ciepła $\psi < 0,10$ [W/ (m · K)] co daje wpływ pomijalny strat ciepła przez mostki termiczne

5.8. Szczelność powietrzna

Szczelność powietrzna obudowy budynku wspólnie z wentylacją i izolacją termiczną przegród reguluje mikroklimat wewnętrzny, wpływając na utratę bądź zyski ciepła, żywotność materiałów konstrukcyjnych oraz komfort użytkownika pomieszczeń. Aby budynek osiągnął wymaganą szczelność, konieczne jest uwzględnienie tego zagadnienia na etapie projektowania, realizacji i oddawania do użytkowania. Finalnym etapem całego procesu powinno być wykonanie testu szczelności.

Wpływ na środowisko

Wybór rozwiązań w zakresie szczelności powietrznej ma znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko na etapie eksploatacji. Rodzaje oddziaływania na środowisko przez ten element budynku to:

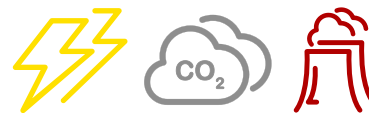


- ryzyko większego zużycia energii poprzez:
 - zwiększenie strat ciepła na podgrzanie lub chłodzenie (latem) powietrza zewnętrznego infiltrującego do budynku,
 - zwiększenie strat ciepła spowodowanych eksfiltracją ciepłego lub chłodnego (latem) powietrza wewnętrznego, pogorszenie efektywności pracy centrali wentylacyjnej z odzyskiem ciepła,
- ryzyko większej emisji CO₂ na etapie eksploatacji budynku związanej z zwiększonym zużyciem energii do ogrzewania i chłodzenia, ryzyko większej emisji zanieczyszczeń do powietrza w wyniku zwiększonego zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia.

Poniżej opisano szerzej wpływ szczelności powietrznej na poszczególne komponenty środowiska razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływaniu na środowisko.

Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływaniu na środowisko

Szczelność powietrzna obudowy budynku ma znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko na etapie eksploatacji. Szczelność obudowy budynku wraz z wentylacją decyduje o intensywności wymiany powietrza między wnętrzem budynku a otoczeniem. Przy optymalizowaniu budynku pod kątem zapotrzebowania na energię, zużywaną na etapie eksploatacji, oprócz izolacji termicznej i wentylacji należy uwzględnić również uszczelnienie przegród zewnętrznych. Nieszczelności zwiększają straty ciepła na wentylację zimą i przyspieszają przegrzewanie się pomieszczeń latem. Szczelność powietrzna obudowy ma kluczowe znaczenie przy budynkach wyposażonych w wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła. Przy takich systemach, nieszczelności umożliwiają przedostawanie się do wnętrza budynku powietrza zewnętrznego z pominięciem centrali wentylacyjnej z odzyskiem ciepła. Zmniejsza to znacząco efektywność działania systemu i powoduje powstanie dodatkowych strat ciepła.



Zgodnie z Warunkami Technicznymi² w budynku zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej i produkcyjnym przegrody zewnętrzne nieprzezroczyste, złącza między przegrodami i częściami przegród (m.in. połączenie stropodachów lub dachów ze ścianami zewnętrznymi), przejścia elementów instalacji (takie jak kanały instalacji wentylacyjnej i spalinowej przez przegrody zewnętrzne) oraz połączenia okien z ościeżkami, należy projektować i wykonywać pod kątem osiągnięcia ich całkowitej szczelności na przenikanie powietrza. Zalecana szczelność powietrzna budynków wynosi:

- w budynkach z wentylacją grawitacyjną lub wentylacją hybrydową – $n_{50} < 3,0$ 1/h;
- budynkach z wentylacją mechaniczną lub klimatyzacją – $n_{50} < 1,5$ 1/h.

Szczelność powietrzna budynków ekologicznych powinna być podwyższona szczególnie w przypadku zastosowania wentylacji mechanicznej lub klimatyzacji. Niska szczelność budynku będzie powodować wadliwe działanie tych systemów oraz zwiększenie zużycia energii na etapie eksploatacji. W poniższej tabeli 5.8. zaproponowano wymagania dotyczące szczelności powietrznej obudowy w trzech kategoriach: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa.

Tabela 5.8. Proponowane kategorie dla szczelności budynku: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa.

Kategoria	III	II	I
Wymagania dotyczące szczelność powietrznej obudowy	Budynek z wentylacją grawitacyjną lub wentylacją hybrydową powinien osiągnąć szczelność na poziomie – $n_{50} < 3,0$ 1/h;	Budynek z wentylacją hybrydową powinien osiągnąć szczelność na poziomie – $n_{50} \leq 3,0$ 1/h;	Budynek z wentylacją hybrydową powinien osiągnąć szczelność na poziomie – $n_{50} \leq 3,0$ 1/h;
	Budynek z wentylacją mechaniczną lub klimatyzacją powinien osiągnąć szczelność na poziomie – $n_{50} < 1,5$ 1/h.	Budynek z wentylacją mechaniczną lub klimatyzacją powinien osiągnąć szczelność na poziomie – $n_{50} \leq 1,0$ 1/h.	Budynek z wentylacją mechaniczną lub klimatyzacją powinien osiągnąć szczelność na poziomie – $n_{50} \leq 0,60$ 1/h.

Rekomendacje i uwagi

W celu sprawdzenia szczelności powietrznej budynku, należy, najlepiej na etapie wykonawczym, wykonać test szczelności zgodnie z normą PN-EN ISO 9972:2015-10¹². Test szczelności powietrznej obudowy wykonuje się, aby uzyskać informacje na temat powłoki zewnętrznej badanego budynku lub jego fragmentu. Badanie pozwala nam zarówno na określenie współczynnika n_{50} budynku lub jego fragmentu, jak i wykrycie ewentualnych nieszczelności i błędów w montażu izolacji paroszczelnej. Po wykonaniu badania sporządza się raport dokumentujący czy udało się osiągnąć założoną szczelność powietrzną czy nie. W przypadku problemów ze spełnieniem wymagań, w raporcie powinny znaleźć się zalecenia dotyczące działań naprawczych.

¹² PN-EN ISO 9972:2015-10 Ciepłe właściwości użytkowe budynków -- Określanie przepuszczalności powietrznej budynków -- Metoda pomiaru ciśnieniowego z użyciem wentylatora.

6. Analiza wpływu na środowisko instalacji budynku

6.1. Źródło ciepła

Źródło ciepła jest to jeden z podstawowych elementów systemów ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Głównym zadaniem źródła ciepła jest wytwarzanie ciepła za pomocą połączonych ze sobą urządzeń lub instalacji. Źródłem ciepła dla budynku może być m.in. węzeł cieplny, kocioł lub pompa ciepła.

Wpływ na środowisko

Wybór rozwiązań w zakresie źródeł ciepła ma decydujące znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko na etapie eksploatacji. Rodzaje oddziaływania na środowisko przez ten element budynku to:



- ryzyko większego zużycia energii pierwotnej i końcowej poprzez:
 - stosowanie źródeł o małej efektywności energetycznej,
 - stosowanie źródeł wykorzystujących paliwa nieodnawialne,
 - stosowanie źródeł o przewymiarowanej mocy,
- ryzyko większej emisji CO₂ na etapie eksploatacji budynku związanej z wykorzystaniem źródeł charakteryzujących się wysokimi wskaźnikami emisji, np. energia elektryczna, sieć ciepłownicza na węgiel kamienny, węgiel kamienny.
- ryzyko większej emisji zanieczyszczeń powietrza, takich jak:
 - pyły PM₁₀ i PM_{2,5},
 - dwutlenek siarki,
 - tlenki azotu,
 - benzo(a)piren,
- ryzyko produkcji odpadów takich jak popiół i żużel.

Poniżej opisano szerzej wpływ źródeł ciepła na poszczególne komponenty środowiska razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływaniu na środowisko.

Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływaniu na środowisko

Do oceny źródeł ciepła pod kątem ich wpływu na środowisko wykorzystano kilka wskaźników. Pierwszym z nich jest współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej w na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii lub energii. Jego wartości, zgodnie



z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju¹³ przedstawia Tabela 6.1. Im niższa wartość wskaźnika wi, tym mniejsze zużycie nieodnawialnych paliw kopalnych.

Tabela 6.1. Wartości współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii lub energii wi

Sposób zasilania budynku w energię	Rodzaj nośnika energii lub energii	wi
Miejscowe wytwarzanie energii w budynku	Energia słoneczna	0,00
	Energia wiatrowa	
	Energia geotermalna	
	Biomasa	0,20
	Biogaz	0,50
	Olej opałowy	1,10
	Gaz ziemny	
	Gaz płynny	
	Węgiel kamienny	
	Węgiel brunatny	
Ciepło sieciowe z kogeneracji	Biomasa, biogaz	0,15
	Węgiel kamienny lub gaz	0,80
Ciepło sieciowe z ciepłowni	Gaz lub olej opałowy	1,20
	Węgiel kamienny	1,30
Sieć elektroenergetyczna systemowa	Energia elektryczna	3,00

Kolejnym wskaźnikiem jest klasa efektywności energetycznej źródła ciepła. Ma ona kluczowe znaczenia z punktu widzenia zużycia energii końcowej na etapie eksploatacji budynku. Im wyższa klasa, tym większa efektywność energetyczna źródła ciepła. Na poziomie unijnym ramowe obowiązki w zakresie etykietowania produktów wykorzystujących energię (w tym

¹³ Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz.U. 2015 poz. 376).

źródeł ciepła) reguluje rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady 2017/1369 (UE)¹⁴. Wartości możliwych do uzyskania klas energetycznych dla źródeł ciepła przedstawia Tabela. Zestawienie uzupełniono o nowoczesne węzły ciepłne o sprawności wytwarzania ciepła w zakresie 98-99% (nieobjęte obowiązkiem etykietowania). Im wyższa klasa efektywności energetycznej, tym większa sprawność źródła ciepła.

Tabela 6.2. Klasy efektywności energetycznej urządzeń grzewczych

Źródło ciepła	Klasa efektywności energetycznej
Gruntowe pompy ciepła	A+++
Powietrzne pompy ciepła (gazowe i elektryczne) Kogeneracja (gazowa) Zestawy – kotły gazowe z pompą ciepła lub kolektorami słonecznymi Kotły na biomasę Węzły ciepłne	A++, A+
Kotły kondensacyjne Kotły na biomasę Węzły ciepłne	A
Kotły na paliwa stałe (węgiel) Technologia kotłów niekondensacyjnych	B, C, D
Kotły elektryczne	E

Bardzo istotnym wskaźnikiem, z punktu widzenia oddziaływania na środowisko, jest wielkość emisji CO₂ i zanieczyszczeń pyłowych na etapie eksploatacji budynku. W celu określenia tych wskaźników dla źródeł ciepła, poniżej podano wielkości emisji CO₂ dla poszczególnych paliw i nośników energii, w oparciu o dane Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE) na rok 2018. Najniższą wielkość wskaźnika emisji charakteryzują się odnawialne źródła energii. Wartości te przedstawia Tabela 6.3.

¹⁴ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/1369 z dnia 4 lipca 2017 r. ustanawiające ramy etykietowania energetycznego i uchylające dyrektywę 2010/30/UE.

Tabela 6.3. Wartości wskaźnika emisji CO₂ w zależności od rodzaju spalanego paliwa lub nośnika energii

Sposób zasilania budynku w energię	Rodzaj nośnika energii lub energii	Emisja CO ₂ , kg/GJ
Miejscowe wytwarzanie energii w budynku	Energia słoneczna	0,00
	Energia wiatrowa	
	Energia geotermalna	
	Biomasa	
	Biogaz	
	Olej opałowy	77,4
	Gaz ziemny	55,5
	Gaz płynny	63,1
	Węgiel kamienny	94,7
	Węgiel brunatny	104,1
Ciepło sieciowe z kogeneracji	Biomasa, biogaz	0,0
	Węgiel kamienny	136,0
Ciepło sieciowe z ciepłowni	Gaz	74,4
	Węgiel kamienny	143,7
Sieć elektroenergetyczna systemowa	Energia elektryczna	216,1

Wartości emisji pyłów PM10 dla poszczególnych nośników energii, przedstawia Tabela. Wartości te określono na podstawie danych KOBIZE¹⁵, Metodologii uproszczonego audytu energetycznego¹⁶ i Wskaźników emisji zanieczyszczeń emitowanych z indywidualnych źródeł ciepła¹⁷. W przypadku spalania paliw stałych założono, że wykorzystywane są do tego kotły nowe, spełniające wymagania klasy 5 zgodnie z normą PN-EN 303-5:2012¹⁸, automatyczne.

¹⁵ WSKAŹNIKI EMISYJNOŚCI CO₂, SO₂, NO_x, CO i pyłu całkowitego DLA ENERGII ELEKTRYCZNEJ na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2017 rok.

¹⁶ Metodologia uproszczonego audytu energetycznego, Opolskie Centrum Zarządzania Projektami.

¹⁷ Wskaźniki emisji zanieczyszczeń powietrza emitowanych z indywidualnych źródeł ciepła, Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla.

¹⁸ Kotły grzewcze -- Część 5: Kotły grzewcze na paliwa stałe z ręcznym i automatycznym zasypem paliwa o mocy nominalnej do 500 kW -- Terminologia, wymagania, badania i oznakowanie.

Od 1 lipca 2018 r. wprowadzono rozporządzeniem Ministra Rozwoju i Finansów¹⁹ (wraz z późniejszymi zmianami) zakaz sprzedaży kotłów o klasie niższej niż 5. W przypadku ciepła sieciowego oraz energii elektrycznej przyjęto, że emisja pyłów jest pomijalnie mała, z uwagi na wyposażenie instalacji w układy elektrofiltrów. Podejście takie potwierdzają dostępne instrukcje dotyczące określania efektu ekologicznego, np. NFOŚiGW²⁰. Najniższą wielkością emisji pyłów charakteryzują się energie odnawialne oraz systemy wyposażone w układy filtrów.

Tabela 6.4. Wartości wskaźnika emisji pyłu PM10 w zależności od rodzaju spalanego paliwa lub nośnika energii

Sposób zasilania budynku w energię	Rodzaj nośnika energii lub energii	Emisja pyłu PM10, g/GJ
Miejscowe wytwarzanie energii w budynku	Energia słoneczna	0,0
	Energia wiatrowa	0,0
	Energia geotermalna	0,0
	Biomasa	18,0
	Olej opałowy	3,0
	Gaz ziemny	0,5
	Gaz płynny	0,7
	Węgiel kamienny	16,0
Ciepło sieciowe z kogeneracji	Biomasa, biogaz	0,0
	Węgiel kamienny	0,0
Ciepło sieciowe z ciepłowni	Gaz	0,0
	Węgiel kamienny	0,0
Sieć elektroenergetyczna systemowa	Energia elektryczna	0,0

¹⁹ Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Finansów z dnia 1 sierpnia 2017 r. w sprawie wymagań dla kotłów na paliwo stałe (Dz.U. poz. 1690).

²⁰ WNIOSEK O UDOSTĘPNIENIE ŚRODKÓW W RAMACH PROGRAMU: „Poprawa jakości powietrza Część 2) KAWKA – Likwidacja niskiej emisji wspierająca wzrost efektywności energetycznej i rozwój rozproszonych odnawialnych źródeł energii”.

Oprócz emisji pyłów proces spalania paliw może prowadzić do powstawania odpadów, głównie w przypadku węgla i biomasy. Ilość powstających odpadów stałych (popiołu i żużla) zależy zarówno od ilości zużytego węgla, jak i od jego jakości (zawartości popiołu), skuteczności zastosowanych urządzeń odpylających oraz rodzaju i konstrukcji paleniska²¹. Popiół powstaje również w procesie spalania biomasy, jednak jego ilość jest znacznie mniejsza niż w przypadku węgla. Aby zmniejszyć niekorzystne oddziaływanie budynków na środowisko powinno stosować się źródła ciepła niepowodujące do powstawania odpadów.

Tabela 6.3. i Tabela 6.4. prezentuje wskaźniki emisji CO₂ oraz pyłów PM10, były podstawą do określenia wskaźników emisji dla poszczególnych źródeł ciepła w zależności od całkowitej sprawności systemu ogrzewania. Sprawności całkowite określono zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej dla systemów w nowych budynkach. Wielkość emisji została w tym przypadku przeliczona w odniesieniu do energii użytkowej i odniesiona do energii końcowej (Tabela 6.3. i Tabela 6.4.). Przeliczenia dokonano dzieląc emisję dla danego nośnika energii lub energii przez całkowitą sprawność systemu grzewczego. Pozwala to pokazać, jak zmieniałaby się wielkość emisji wraz ze zmianą źródła i systemu ogrzewania dla tego samego budynku. Przykładowo wykorzystanie pompy ciepła zasilanej energią elektryczną z sieci powoduje emisję CO₂, jednak jej wielkość zależy od całkowitej sprawności instalacji grzewczej. W tabeli uwzględniono przypadek, w którym pompy ciepła są zasilane w 100% energią elektryczną wyprodukowaną ze słońca. Z punktu widzenia oddziaływania na środowisko najlepsze są źródła charakteryzujące się brakiem emisji CO₂ i pyłów.

²¹ Katarzyna Stala-Szlugaj, *Odpady stałe ze spalania węgla kamiennego w sektorze komunalno-mieszkaniowym*, , Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków 2012.

Tabela 6.5. Wartości wskaźnika emisji pyłu PM10 i CO₂ w zależności od rodzaju źródła i systemu grzewczego

Źródło ciepła	Sprawność całkowita systemu grzewczego	Emisja pyłu PM10, g/GJ	Emisja CO₂, kg/GJ
Kocioła na biomasę, automatyczny 5 klasy	0,69	26,1	0,0
Kocioł olejowy	0,73	4,1	106,0
Kocioł gazowy kondensacyjny	0,79	0,6	70,3
Kocioł gaz płynny	0,79	0,9	83,0
Kocioła na węgiel, automatyczny 5 klasy	0,69	23,2	137,2
Węzeł ciepły, ciepło sieciowe z kogeneracji – biomasa, biogaz	0,83	0,0	0,0
Węzeł ciepły, ciepło sieciowe z kogeneracji – węgiel kamienny	0,83	0,0	163,9
Węzeł ciepły, ciepło sieciowe z ciepłowni – gaz ziemny	0,83	0,0	89,6
Węzeł ciepły, ciepło sieciowe z ciepłowni – węgiel kamienny	0,83	0,0	173,1
Gruntowa pompa ciepła	2,97	0,0	72,8
Gruntowa pompa ciepła (energia elektryczna 100% z fotowoltaiki)	2,97	0,0	0,0
Powietrzna pompa ciepła	2,21	0,0	97,8
Powietrzna pompa ciepła (energia elektryczna 100% z fotowoltaiki)	2,21	0,0	0,0
Ogrzewanie elektryczne	0,90	0,0	240,1

Porównanie źródeł ciepła pod kątem emisji, efektywności energetycznej oraz współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej (które mają wpływ na oddziaływanie budynku na środowisko na etapie jego eksploatacji) było podstawą do zaproponowania rozwiązań w trzech kategoriach: I – standardowa, kategoria II – lepsza i kategoria III – najlepsza. Źródła stosowane w budynkach ekologicznych powinny w jak największym stopniu wykorzystywać energię ze źródeł odnawialnych, posiadać wysoką sprawność oraz charakteryzować się niemal zerową emisją CO₂ i zerową emisją zanieczyszczeń pyłowych. Wielkości wskaźników nakładu w_i dla sieci ciepłowniczych dla poszczególnych kategorii dobrano na podstawie

artykułu Budynki wielorodzinne według wymagań WT 2021²². Zawiera on zestawienie współczynników nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla miejskich sieci ciepłowniczych w 18 największych miastach Polski. Pozwala to na porównanie, w jakim zakresie zmieniają się współczynniki oraz jakie wartości przyjmują dla najbardziej efektywnych systemów ciepłowniczych.

Tabela 6.6. Proponowane kategorie dla źródła ciepła: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa

Kategoria	III	II	I
Przykładowe źródła ciepła	<p>Budynek wyposażony w np.</p> <ul style="list-style-type: none"> - kocioł gazowy kondensacyjny, klasa \geq A - węzeł ciepłny, ciepło sieciowe, $w_i \leq 1,10$ - kocioł na biomasę, automatyczny 5 klasy, klasa \geq A 	<p>Budynek powinien być wyposażony w jedno z poniższych źródeł:</p> <ul style="list-style-type: none"> - kocioł gazowy kondensacyjny z pompą ciepła lub kolektorami słonecznymi (tylko w szpitalach), klasa \geq A+ - węzeł ciepłny, ciepło sieciowe z kogeneracji $w_i \leq 0,80$ - gruntową pompę ciepła, klasa \geq A+ - kogenerację gazową, klasa \geq A+ 	<p>Budynek powinien być wyposażony w jedno z poniższych źródeł:</p> <ul style="list-style-type: none"> - węzeł ciepłny, ciepło sieciowe z kogeneracji – biomasa, biogaz, $w_i \leq 0,50$ - gruntową pompę ciepła, klasa \geq A++ z fotowoltaiką (100% pokrycia w bilansie rocznym)

Rekomendacje i uwagi

Z Warunków Technicznych²³ wynika, że na działkach budowlanych przeznaczonych dla szpitali i sanatoriów, niezależnie od zasilania z sieci, należy zapewnić dodatkowo własne ujęcie wody oraz własne źródło energii elektrycznej i ciepłej. Oznacza to, że w przypadku podłączenia obiektu do sieci ciepłowniczej konieczne jest posiadanie dodatkowo, rezerwowego źródła ciepła, np. kotła gazowego oraz agregatu prądotwórczego.

6.2. Źródło chłodu

Źródło chłodu jest to jeden z podstawowych elementów systemów chłodzenia i klimatyzacji. Głównym zadaniem źródła chłodu jest wytwarzanie chłodu za pomocą połączonych ze sobą urządzeń lub instalacji. Źródłem chłodu dla budynku mogą być: sprężarkowe agregaty

²² Budynki wielorodzinne według wymagań WT 2021, Rynek Instalacyjny 7-8/2019.

²³ Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2019 r. poz. 1065).

chłodnicze, które do napędu zużywają energię elektryczną, absorpcyjne agregaty chłodnicze, w których energią napędową jest ciepło.

Wpływ na środowisko

Wybór rozwiązań w zakresie źródeł chłodu ma znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko na etapie eksploatacji. Rodzaje oddziaływania na środowisko przez ten element budynku to:



- ryzyko większego zużycia energii pierwotnej i końcowej poprzez:
 - stosowanie urządzeń o małej efektywności energetycznej,
 - stosowanie urządzeń o źle dobranych parametrach pracy,
 - niewłaściwą eksploatację urządzeń.
- ryzyko większej emisji CO₂ na etapie eksploatacji budynku związanej z zwiększonym zużyciem energii potrzebnej do napędu mało wydajnych źródeł chłodu,
- ryzyko większej emisji zanieczyszczeń powietrza, powstających podczas produkcji energii potrzebnej do napędu mało wydajnych źródeł chłodu.

Poniżej opisano szerzej wpływ źródeł chłodu na poszczególne komponenty środowiska razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływaniu na środowisko.

Należy podkreślić, że ekologiczne budynki użyteczności publicznej powinny być projektowane w taki sposób, aby wszędzie, gdzie jest to możliwe komfortowe warunki wewnętrzne były zapewnione bez aktywnych systemów chłodzenia lub klimatyzacji. W tym celu należy w pierwszej kolejności:

- ograniczyć wielkość zysków słonecznych w okresie lata – mała powierzchnia przeszklona plus elementy zacieniające,
- wykorzystać system wentylacji do przewietrzania nocnego,
- właściwie regulować i użytkować system grzewczego i wentylacji,
- ograniczyć wielkość wewnętrznych zysków ciepła dzięki zastosowaniu energooszczędnych urządzeń.

Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływaniu na środowisko

Efektywność energetyczną agregatu chłodniczego w warunkach znamionowych określa współczynnik wydajności chłodniczej EER (ang. energy efficiency ratio)²⁴, definiowany jako stosunek wydajności chłodniczej agregatu do mocy efektywnej pobieranej przez agregat. Obciążenia cieplne w budynkach



²⁴ Foit Henryk, Hurnik Maria, Lipska Barbara, Trzeciakiewicz Zbigniew, Wytwarzanie ciepła i chłodu, [w:] Zrównoważone budynki biurowe, Firląg Szymon (red.), Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018.

charakteryzują się dużą zmiennością – zarówno dobową, jak i sezonową. Z pełną znamionową mocą, odpowiadającą maksymalnym obciążeniom cieplnym, agregaty chłodnicze pracującą tylko przez ok. 3% czasu eksploatacji. Z tego powodu wprowadzono wskaźnik sezonowej efektywności energetycznej ESEER (ang. european seasonal energy efficiency ratio), który odpowiada rzeczywistym warunkom pracy agregatu. Wartość ESEER oblicza się na podstawie ważonych wartości wskaźników EER dla obciążeń częściowych, odpowiadających 25, 50, 75 i 100% obciążenia cieplnego. W energooszczędnych systemach klimatyzacji, pracujących ze zmiennym obciążeniem cieplnym, powinny być stosowane agregaty chłodnicze o wysokiej wartości ESEER.

Producenci oferują sprężarkowe agregaty chłodnicze o wydajności chłodniczej od ok. 10 kW do prawie 3 MW. Według certyfikowanych badań Euroventu (European Committee of Air Handling and Refrigeration Equipment Manufacturers) wartości wskaźnika ESEER agregatów chłodzonych powietrzem w większości zawierały się w przedziale 3–4 (maksymalnie 5,8). Dla agregatów chłodzonych wodą ten wskaźnik wynosił 4–6 (maksymalnie 7,4). Wysokie wartości wskaźnika ESEER najczęściej osiągają urządzenia wyposażone w wielosprężarkowe i wielobiegunowe układy chłodnicze, z precyzyjną regulacją wydajności chłodniczej.

W budynkach ekologicznych należy stosować wielosprężarkowe, wielobiegunowe agregaty chłodzone wodą, których wskaźnik ESEER wynosi ponad 5.

Wskaźnik EER absorpcyjnego agregatu chłodniczego wyraża stosunek wydajności (mocy) chłodniczej urządzenia do napędowej mocy cieplnej. Wartość tego wskaźnika istotnie zależy od temperatury źródła ciepła napędowego sprężarki termicznej. Dla bromolitowych agregatów zasilanych ciepłą wodą o temperaturze 70–80°C wskaźnik EER wynosi 0,65–0,72. Zaletą urządzeń absorpcyjnych jest proporcjonalny do wydajności chłodniczej pobór mocy cieplnej w szerokim zakresie zmian obciążeń cieplnych. Możliwe jest zmniejszenie wydajności chłodniczej do ok. 10% mocy nominalnej bez istotnych strat.

Agregaty absorpcyjne są opłacalne, zwłaszcza gdy dysponuje się ciepłem odpadowym lub pochodzącym ze źródeł odnawialnych. Największe oszczędności pod względem zużycia energii zapewnia zastosowanie agregatów absorpcyjnych w układach trójgeneracyjnych.

Tabela 6.7. Proponowane kategorie dla źródła chłodu: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa

Kategoria	III	II	I
Klimatyzatory o mocy chłodniczej ≤ 12kW	Budynek posiada klimatyzatory o klasie efektywności energetycznej ≥ A	O ile to możliwe, budynek powinien nie posiadać tradycyjnego systemu chłodzenia lub klimatyzacji lub Budynek powinien być wyposażony w klimatyzatory o klasie efektywności energetycznej ≥ A+	O ile to możliwe, budynek powinien nie posiadać tradycyjnego systemu chłodzenia lub klimatyzacji lub Budynek powinien być wyposażony w klimatyzatory o klasie efektywności energetycznej ≥ A++
Źródła chłodu	Budynek wyposażony w źródło chłodu o sprawności ESEER ≥ 3,5	O ile to możliwe, budynek powinien nie posiadać tradycyjnego systemu chłodzenia lub klimatyzacji lub Budynek powinien być wyposażony w źródło chłodu o sprawności ESEER ≥ 4,0	O ile to możliwe, budynek powinien nie posiadać tradycyjnego systemu chłodzenia lub klimatyzacji lub Budynek powinien być wyposażony w źródło chłodu o sprawności ESEER ≥ 5,0

6.3. Instalacja oświetlenia

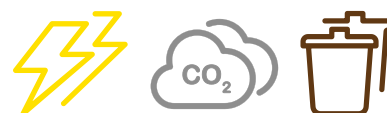
W obiektach publicznych mamy do czynienia zarówno z oświetleniem zewnętrznym (dróg dojazdowych, parkingów, placów zabaw, boisk szkolnych), jak i oświetleniem wewnętrznym.

Wymienione rodzaje oświetlenia nieco różnią się wpływem na środowisko naturalne. Dlatego poniżej omówiono je oddzielnie.

Wpływ na środowisko

Dobór odpowiedniego rodzaju oświetlenia ma znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko na etapie eksploatacji. Rodzaje oddziaływania na środowisko przez ten element budynku to:

- ryzyko większego zużycia energii,
- ryzyko większej emisji CO₂, związane z większym zużyciem energii elektrycznej,



- ryzyko powstanie niebezpiecznych dla środowiska elektroodpadów, np. żarówek zawierających rtęć.

Poniżej opisano szerzej wpływ oświetlenia zewnętrznego na poszczególne komponenty środowiska razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływaniu na środowisko.

Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływaniu na środowisko

6.3.1. Oświetlenie zewnętrzne

Można wyróżnić następujące rodzaje źródeł światła stosowane do oświetlania przestrzeni publicznej:

- żarówki tradycyjne i halogenowe,
- fluorescencyjne – świetlówki kompaktowe,
- lampy wyładowcze – wytwarzają światło w procesie wyładowania łukowego między elektrodami umieszczonymi w hermetycznie zamkniętym jarzniku. Do lamp wyładowczych należą lampy metalohalogenowe, rtęciowe wysokoprężne oraz sodowe nisko- i wysokoprężne, które, mimo różnic, łączy idea działania,
- lampy indukcyjne – w szczelnie zamkniętej szklanej obudowie, pokrytej od wewnątrz warstwą fosforu, za pomocą prądu wysokiej częstotliwości indukowane jest wyładowanie, które powoduje efekt świecenia,
- diody elektroluminesencyjne LED (ang. Light Emitting Diode) – działają na zasadzie zjawiska elektroluminesencji. Do największych zalet diod LED należy ich wysoka trwałość (ok. 100 000 godzin świecenia), wysoka skuteczność świetlna, wysoka efektywność energetyczna oraz różnorodność zastosowania.

W Tabeli 6.8. przedstawiono oszczędność energii elektrycznej po zastosowaniu opraw/źródeł LED względem tradycyjnych rozwiązań.

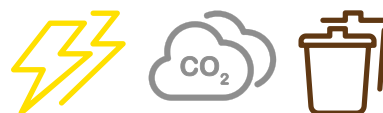


Tabela 6.8. Oszczędność energii elektrycznej po instalacji oświetlenia w technologii LED

Stan pierwotny	Stan po modernizacji	Oszczędność [%]
Oprawy żarowe/źródła żarowe	Oprawy LED/źródła LED	do 90%
Oprawy świetlówkowe T8/świetlówki T8	Oprawy LED/źródła LED	ok 50–60%
Oprawy high bay metalohalogenkowe/źródła metalohalogenkowe	Oprawy LED/źródła LED	ok. 50%
Oprawy high bay sodowe wysokoprężne/źródła sodowe wysokoprężne	Oprawy LED/źródła LED	Ok. 50%
Oprawy high bay rtęciowe/źródła rtęciowe	Oprawy LED/źródła LED	Ok. 75%

Efektywność energetyczną źródła światła bądź oprawy można rozpoznać po tzw. etykiecie efektywności energetycznej. Obecny podział na klasy efektywności energetycznej określono w Rozporządzeniu (UE) nr 874/2012 z dn. 26 września 2012 r.²⁵, a jego wymagania dotyczące etykietowania energetycznego obowiązują od 1 września 2013 r. Istniejące etykiety dla lamp domowych zostały rozszerzone o nowe klasy efektywności A+ oraz A++ obejmujące wszystkie typy lamp. Etykieta efektywności energetycznej dla oprawy oświetleniowej nie dotyczy efektywności samej oprawy, lecz charakterystyki źródła światła i/lub modułu LED, z którym oprawa jest kompatybilna.

Produkty objęte rozporządzeniem, tak kierunkowe, jak i bezkierunkowe obejmują:

- lampy żarowe,
- lampy fluorescencyjne,
- lampy wyładowcze dużej intensywności (HID),
- lampy i moduły LED,
- powiązane oprawy, sprzedawane użytkownikom.

Dla przykładu źródła światła przyporządkowywane są najczęściej do klas:

- źródła światła LED – klasa A, A+, A++, A++,
- świetlówki kompaktowe i liniowe – klasa A i B,
- żarówki halogenowe – na ogół klasa C i D,

²⁵ Treść rozporządzenia w wersji ujednoliconej po zmianach z 7 marca 2017 r. można znaleźć pod adresem:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?qid=1572427833568&uri=CELEX:02012R0874-20170307>.

- żarówki tradycyjne – na ogół klasa E i F.

W styczniu 2019 r. Komisja Europejska zdecydowała, że oznaczenie etykiet efektywności energetycznej zostanie zmienione. Nowe klasy nie będą miały plusów. Najbardziej efektywny energetycznie produkt oznakowany będzie literą A, a najmniej literą G. Nowe etykiety efektywności energetycznej mają pojawić się w sklepach za dwa lata – w marcu 2021 r. Produkty, które dotychczas posiadają oznaczenie A+++ otrzymają oznaczenie C. Klasy A i B będą zarezerwowane dla najnowszych rozwiązań w przyszłości.

Poza źródłem światła, w oświetleniu konieczny jest również dobór odpowiedniej oprawy. Oprawa służy do montażu źródła światła i zapewnia mu energię potrzebną do świecenia. Podziału opraw dokonuje się w oparciu o różne kryteria. Niezależnie od kryteriów podziału, oprawy charakteryzowane są przez szereg specjalistycznych cech technicznych, jak rozkład luminacji, kod strumieniowy oprawy, luminacja oprawy, sprawność oprawy itp.

W celu optymalizacji pracy systemu oświetlenia, a także zmniejszenia kosztów energii przez niego generowanych, stosuje się automatyczne systemy sterujące. Ze względu na złożoność tych systemów dzieli się je na 3 grupy:

- systemy samodzielne typu stand-alone,
- sieci autonomiczne,
- sieci telemanagementu.

Systemy typu **stand-alone** są najprostszymi rozwiązaniami automatycznego sterowania pracą opraw, a co za tym idzie, niedrogimi w implementacji. Dobrze nadają się do oświetlania obszarów o niskim natężeniu ruchu lub miejsc w których odbywa się wyłącznie ruch pieszy, takich jak parki, skwery itp. W tego typu rozwiązaniach stosuje się indywidualne sterowanie każdym ze źródeł światła za pomocą pojedynczych, autonomicznych sterowników. W takim przypadku praca każdej lampy regulowana jest w sposób niezależny i nieskoordynowany z innymi źródłami światła. Przykładem stosowanych sterowników są fotokomórki, włączające automatycznie każdą lampę po zmierzchu oraz czujniki ruchu, dostosowujące pracę lampy do występowania ruchu na oświetlanym terenie. Oszczędność energii wynikająca ze stosowania sterowania typu stand-alone wynieść może do 30%.

Sieci autonomiczne stosuje się na przykład do oświetlania oddzielnych obiektów, tj. centra handlowe. W rozwiązaniach tego typu oprawy komunikują się ze sobą za pomocą sieci bezprzewodowej lub przewodowej w obrębie jednej grupy. Czujniki, wykrywające bodźce oznaczające konieczność załączenia lamp, mogą być scentralizowane (jeden czujnik główny) lub rozproszone (wiele czujników w różnych miejscach). W razie pojawienia się bodźca, sterownik określa i wykonuje za pomocą lamp jeden z zaprogramowanych wcześniej programów – scenariuszy działania oświetlenia. Do zalet tego typu rozwiązania zalicza się przede wszystkim duże oszczędności energii (do 50%).

Najbardziej zaawansowanym sposobem sterowania pracą źródeł światła jest system **telemanagementu**, który w oparciu o sterowane za pomocą komputera urządzenia, steruje pracą źródeł światła. Oznacza to, że użytkownik korzystając z interfejsu (często w formie strony

internetowej) za pomocą komputera jest w stanie zdefiniować programy świecenia albo bezpośrednio sterować pracą pojedynczych lamp. Systemy te ponadto są w stanie generować raporty o swoim działaniu, a także informować użytkownika o występujących awariach i nieprawidłowościach. Podaje się, że zastosowanie tego systemu pozwala na osiągnięcie oszczędności na poziomie 85% pierwotnego zużycia energii.

Biorąc pod uwagę wyżej wymienione informacje określono trzy kategorie oświetlenia zewnętrznych. Opis poszczególnych kategorii zawiera Tabela 6.9.

Tabela 6.9. Proponowane kategorie dla instalacji oświetlenia zewnętrznego: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa

Kategoria	III	II	I
Przykładowe rozwiązania systemów oświetlenia zewnętrznego	<p>W instalacji oświetlenia zewnętrznego zainstalowano dopuszczalne prawem UE rodzaje źródeł światła (np. świetlówki lub lampy sodowe) oraz odpowiednie rodzaje opraw</p> <p>Nie ma konieczności zastosowania systemów sterujących oświetleniem</p>	<p>W instalacji oświetlenia zewnętrznego należy zainstalować następujące rodzaje źródeł światła: świetlówki, lampy sodowe, diody LED oraz odpowiednie rodzaje opraw</p> <p>Jako systemy sterujące należy zastosować: systemy typu stand-alone lub sieci autonomiczne</p>	<p>W instalacji oświetlenia zewnętrznego należy zainstalować diody LED oraz systemy sterujące typu telemanagement</p> <p>Jeśli istnieje taka możliwość to oświetlenie zewnętrzne powinno być zintegrowane z systemem BMS</p>

Rekomendacje i uwagi

Podczas wyboru wykonawcy zamówienia szczególną uwagę należy zwrócić na trwałość (maksymalizacja) oraz wskaźnik awaryjności i prawdopodobieństwo wystąpienia awarii (minimalizacja).

Innym aspektem jest zjawisko zanieczyszczenia środowiska światłem, związane z oświetleniem zewnętrznym sztucznym i odbiciem światła naturalnego od różnych budowli. Aby przeciwdziałać zjawisku zanieczyszczenia światłem należy:

- używać źródeł światła o jasności nie większej niż jest potrzebna,
- oświetlać równomiernie teren lub obiekt tak, aby nie występował efekt olśnienia przy przejściu z obszaru jaśniejszego do ciemniejszego i na odwrót, wyłączać oświetlenie lub zmniejszać jego jasność, gdy jest to możliwe,
- stosować obudowy lamp kierujące światło tylko na obiekt, który jest celem oświetlania,

- używać regulatorów światła oraz czujników ruchu, aby przyciemnić opuszczone tereny,
- używać tych typów lamp, które w najmniejszym stopniu powodują zanieczyszczanie światłem, a jednocześnie mają wysoką wydajność.

W przypadku oświetlenia pośredni wpływ na środowisko mają również odpady z elementów oświetlenia – ponieważ mogą zawierać m.in. rtęć. Składowanie tego typu odpadów może odbywać się wyłącznie według ściśle ustalonego planu.

6.3.2. Oświetlenie wewnętrzne

Oświetlenie wewnętrzne budynku, podobnie jak inne instalacje zużywające energię, powinno spełniać warunki dotyczące efektywności energetycznej zapisane w przepisach techniczno-budowlanych, np. w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (t.j. Dz. U. z 2019 r. poz. 1065). Typ i usytuowanie opraw oświetleniowych muszą być dobrane do charakteru pomieszczenia oraz uwzględniać ogólne założenia pozwalające na zmniejszenie zużycia energii.

W budynkach użyteczności publicznej wartość mocy jednostkowej oświetlenia nie może przekraczać wielkości dopuszczalnych, które przedstawia Tabela 6.10.

Tabela 6.10. Wielkości dopuszczalne mocy jednostkowej w budynkach użyteczności publicznej

Typ budynku	Maksymalna wartość mocy jednostkowej [W/m ²]		
	Klasa kryteriów ^{*)}		
	A	B	C
Biura	15	20	25
Szkoły	15	20	25
Szpitala	15	25	35
Restauracje	10	25	35
Sportowo-rekreacyjne	10	20	30
Handlowo-usługowe	15	25	35

^{*)} Ustala się następujące klasy kryteriów:

A – spełnianie kryteriów oświetlenia w stopniu podstawowym

B – spełnienie kryteriów oświetlenia w stopniu rozszerzonym

C – spełnienie kryteriów oświetlenia w stopniu pełnym z uwzględnieniem komunikacji wizualnej

Biorąc pod uwagę aktualne wymagania prawne i dostępne technologie dokonano podziału na kategorie oddziaływania na środowisko instalacji wewnętrznego oświetlenia w budynkach użyteczności publicznej, przyjmując kategorię III jako rozwiązania standardowe, a kategorię I jako zawierające rozwiązania minimalizujące oddziaływanie instalacji na środowisko.



Opis poszczególnych kategorii zawiera 6.11.

Tabela 6.11. Proponowane kategorie dla instalacji oświetlenia wewnętrznego: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa

Kategoria	III	II	I
Przykładowe rozwiązania systemów oświetlenia wewnętrznego	<p>W instalacji oświetlenia wewnętrznego zainstalowano dopuszczalne prawem UE rodzaje źródeł światła. Instalację zaprojektowano tak, aby wartość mocy jednostkowej oświetlenia nie przekraczała określonych wielkości dopuszczalnych (wg Tabela 6.10.)</p> <p>Nie ma obowiązku stosowania systemów sterujących oświetleniem</p>	<p>W instalacji oświetlenia wewnętrznego należy zainstalować dopuszczalne prawem UE rodzaje źródeł światła. Instalację oświetleniową należy zaprojektować tak, aby wartość mocy jednostkowej oświetlenia nie przekraczała określonych wielkości dopuszczalnych (wg Tabela 6.10.).</p> <p>Należy zastosować proste systemy sterowania oświetleniem (czujniki ruchu, ściemniacze itp.) ewentualnie system oświetlenia dynamicznego niezintegrowany z BMS</p>	<p>W optymalny sposób powinno się wykorzystać oświetlenie pomieszczeń światłem słonecznym, biorąc pod uwagę możliwość przegrzewania pomieszczeń w okresie letnim</p> <p>W instalacji oświetlenia wewnętrznego należy zainstalować diody LED i systemy sterujące oświetleniem zintegrowane z systemem BMS w budynku</p>

Rekomendacje i uwagi

Na etapie inwestycji ważne jest, aby zwrócić uwagę na maksymalizację wykorzystania światła dziennego m.in. poprzez świetliki, ekrany przysłaniająco-odbijające usytuowane w świetle otworu okiennego czy konstrukcyjne sposoby racjonalnego oświetlenia wnętrza światłem dziennym.

W przypadku oświetlenia pośredni wpływ na środowisko mają również odpady z elementów oświetlenia – ponieważ mogą zawierać m.in. rtęć. Składowanie tego typu odpadów może odbywać się wyłącznie według ściśle ustalonego planu.

6.4. Odnawialne źródła energii

Zgodnie z Ustawą²⁶ odnawialne źródła energii są to odnawialne, niekopalne źródła energii obejmujące energię wiatru, energię promieniowania słonecznego, energię aerotermalną, energię geotermalną, energię hydrotermalną, hydroenergię, energię fal, prądów i pływów morskich, energię otrzymywaną z biomasy, biogazu, biogazu rolniczego oraz z biopłynów.

Z uwagi na powszechną dostępność, budynki **ekologiczne** powinny w pierwszej kolejności wykorzystywać energię promieniowania słonecznego. Można tu wymienić dwa podstawowe typy instalacji:

- kolektory słoneczne – służące do produkcji energii cieplnej, wykorzystywanej zazwyczaj do podgrzewania c.w.u.,
- panele fotowoltaiczne – służące do produkcji energii elektrycznej.

Innymi źródłami energii odnawialnej, które można wykorzystać w budynkach ekologicznych są energia wiatru, energia pływów morskich lub energii geotermalna. Ich zastosowanie powinno być w każdym przypadku poprzedzone szczegółową analizą ekonomiczną.

Wyróżnia się dwa podstawowe typy kolektorów słonecznych: płaskie i próżniowe. Oba typy kolektorów słonecznych powinny być zainstalowane pod takim kątem pochylenia, aby maksymalnie wykorzystać promieniowanie słoneczne. Kąt ten w przybliżeniu powinien zawierać się pomiędzy 30° a 40°. Kolektory powinny być ustawione w kierunku południowym. Jeśli nie jest to możliwe, dopuszczalne jest również skierowanie paneli w kierunku południowo-wschodnim, południowo-zachodnim lub nawet zachodnim. Paneli nie należy instalować tak, aby były skierowane na północ.

Wpływ na środowisko

Wybór rozwiązań w zakresie odnawialnych źródeł energii (OZE) ma decydujące znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko na etapie eksploatacji. W odróżnieniu od innych analizowanych elementów zastosowanie OZE może ograniczyć negatywne oddziaływanie budynku na środowisko dzięki:



- zmniejszeniu zużycia energii pierwotnej i końcowej pochodzącej ze źródeł wykorzystujących paliwa nieodnawialne,
- zmniejszeniu emisji CO₂ na etapie eksploatacji budynku związanej ze spalaniem paliw nieodnawialnych lub wykorzystaniem nośników energii, do produkcji których wykorzystuje się paliwa nieodnawialne, np. energia elektryczna,

²⁶ Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. z 2018 r. poz. 2389 z późn. zm.).

- zmniejszeniu emisji pyłów na etapie eksploatacji budynku związanej ze spalaniem paliw nieodnawialnych, zmniejszeniu produkcji odpadów na etapie eksploatacji budynku związanej ze spalaniem paliw stałych.

Poniżej opisano szerzej wpływ odnawialnych źródeł energii na poszczególne komponenty środowiska razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływaniu na środowisko.

Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływaniu na środowisko

W Warunkach Technicznych²⁷ brak jest wymagań dotyczących stosowania odnawialnych źródeł energii, jednak bez ich wykorzystania spełnienie wymagań dotyczących maksymalnego wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP jest bardzo trudne.



Na rynku dostępnych jest wiele rodzajów systemów fotowoltaicznych o różnym poziomie sprawności. Niektóre z systemów osiągają sprawność nawet 22,5%, ale inne są w stanie zapewnić zaledwie 5% wydajności. Sprawność większości paneli mieści się w zakresie od 14% do 16%. Szybki rozwój rynku sprawia, że wydajność systemów fotowoltaicznych oraz ich cena ulegają ciągłym zmianom. Wydajność paneli PV ulega pogorszeniu w przypadku ich nawet częściowego zacienienia. Dlatego w pierwszej kolejności powinno wykorzystywać się powierzchnie, gdzie dostęp promieniowania słonecznego nie jest w żaden sposób ograniczony/przesłonięty. Jeżeli panele są częściowo zacieniane należy wyposażyć je w optymalizatory mocy. Są to urządzenia elektroniczne montowane przy modułach fotowoltaicznych lub w puszkach potężeniowych modułów, których zadaniem jest wymuszanie pracy w punkcie mocy maksymalnej na poziomie pojedynczego modułu.

Zastosowane w budynkach odnawialnych źródeł energii (OZE) wykorzystujących energię promieniowania słonecznego powinno pozwolić na pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną oraz energię potrzebną do podgrzewania c.w.u. Uzyskanie odpowiedniej kategorii wymaga zastosowania kolektorów słonecznych (tylko szpitale) lub paneli fotowoltaicznych.

²⁷ Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2019 r. poz. 1065).

Tabela 6.12. Proponowane kategorie dla odnawialnych źródeł energii: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa

Kategoria	III	II	I
Kolektory słoneczne (tylko w szpitalach)	Brak	Budynek powinien być wyposażony w instalację kolektorów słonecznych pozwalających na pokrycie $\geq 25\%$ zapotrzebowania na energię potrzebną do podgrzewania c.w.u.	Budynek powinien być wyposażony w instalację kolektorów słonecznych pozwalających na pokrycie $\geq 50\%$ zapotrzebowania na energię potrzebną do podgrzewania c.w.u.
Panele fotowoltaiczne	Brak	Budynek powinien być wyposażony w instalację paneli fotowoltaicznych pozwalających na pokrycie $\geq 50\%$ zapotrzebowania na energię elektryczną potrzebną do podgrzewania c.w.u. i ogrzewania budynku przy zastosowaniu gruntowej pompy ciepła lub Budynek powinien być wyposażony w instalację paneli fotowoltaicznych pozwalających na pokrycie $\geq 15\%$ zapotrzebowania na łączną energię elektryczną zużywaną przez budynek	Budynek powinien być wyposażony w instalację paneli fotowoltaicznych pozwalających na pokrycie $\geq 100\%$ zapotrzebowania na energię elektryczną potrzebną do podgrzewania c.w.u. i ogrzewania budynku przy zastosowaniu gruntowej pompy ciepła lub Budynek powinien być wyposażony w instalację paneli fotowoltaicznych pozwalających na pokrycie $\geq 25\%$ zapotrzebowania na łączną energię elektryczną zużywaną przez budynek

Rekomendacje i uwagi

Należy podkreślić, że kolektorów słonecznych do podgrzewania c.w.u. nie powinno stosować się w takich obiektach jak:

- budynki biurowe i administracyjne – z uwagi na małe zapotrzebowanie jednostkowe na c.w.u. oraz harmonogram użytkowania (brak użytkowania wieczorem i w weekendy),
- przychodnie – z uwagi na harmonogram użytkowania (brak użytkowania wieczorem i w weekendy),
- szkoły i przedszkola – z uwagi na małe zapotrzebowanie jednostkowe na c.w.u. oraz harmonogram użytkowania (brak użytkowania wieczorem, w weekendy i wakacje).

6.5. System zarządzania budynkiem (BMS)

System zarządzania budynkiem (BMS, ang. Building Automation Systems) ma za zadanie integrować kontrolę nad działaniami wszystkich urządzeń i instalacji w budynku, należących do różnych podsystemów, takich jak: instalacje elektryczne, wentylacyjne, grzewcze, chłodnicze itd. Podstawowe zadania systemu to monitorowanie, regulowanie i informowanie oraz alarmowanie w czasie awarii lub niespodziewanych zdarzeń. BMS dostarcza dużą ilość danych oraz pozwala analizować wielkości zużycia mediów (woda, energia itp.) w określonym przedziale czasu i porównywać je z wartościami referencyjnymi. Szczegółowa analiza tych wyników pozwala podjąć stosowne działania zmniejszające koszty zużycia mediów. W porównaniu do konwencjonalnie wyposażonych i zarządzanych budynków, obiekty wyposażone w BMS mogą zużywać 20–30% mniej energii, a ich koszty operacyjne mogą być nawet 50% mniejsze w ciągu całego życia budynku.

W skład zintegrowanego BMS wchodzi następujące podsystemy w budynku:

- sterowania komfortem, zawierające system pogodowy, który umożliwia sterowanie: klimatyzacją, wentylacją, ogrzewaniem, chłodzeniem,
- system sygnalizacji pożaru (sygnalizacja i wykrywanie ognisk pożaru), (SSP),
- dźwiękowy system ostrzegawczy (DSO),
- sterowanie oświetleniem, systemem parkingowym,
- sterowanie nagłośnieniem i urządzeniami audio–video,
- system sygnalizacji włamania i napadu (SSWiN),
- system kontroli dostępu do wybranych pomieszczeń i stref budynku (KD),
- system telewizji dozorowej (CCTV),
- sterowania pracą instalacji elektroenergetycznej (rozdzielnice elektryczne, stacje transformatorowe) oraz ewentualnie lokalnymi źródłami energii elektrycznej (instalacje fotowoltaiczne lub kogeneracja),
- zasilania i sterowania energią elektryczną,
- sterowania transportem wewnętrznym (windy),
- wykrywania, sygnalizacji i zabezpieczenia przed wydzielaniem się substancji szkodliwych dla zdrowia lub wybuchowych (np. w garażach wykrywanie CO, metanu itp.),
- sterowania roletami i napędami bramowymi, monitorowania stanów urządzeń pracy i wykrywania awarii.

W najbardziej zaawansowanych zintegrowanych systemach zarządzania budynkiem (tzw. systemach konwergentnych) nośnikiem wszystkich danych gromadzonych przez BMS jest jedna sieć komputerowa.

Systemy zarządzania budynkiem mogą obejmować również systemy zarządzania energią (ang. EMS – Energy Management System). Istnieją różne metody zarządzania energią wymagające mniejszego lub większego zaangażowania użytkowników lub administratora budynku.

Zarządzanie energią definiowane jest jako metoda systematycznego, ciągłego ulepszania efektywności wykorzystania energii w istniejących budynkach i dążeniu do coraz mniejszego jej zużycia.

Zarządzanie energią w obiektach budowlanych powiązane jest ściśle z następującymi rodzajami działań:

- wykonaniem audytu energetycznego w celu precyzyjnego określenia stanu istniejącego, ustalenia oczekiwanego poziomu zużycia oraz oszacowania potencjału oszczędności energii,
- pomiarem (monitoringiem) zużycia energii w celu wykrycia odstępstw od stanu oczekiwanego, ustalenia nieprawidłowości w działaniu instalacji i układów sterowania jej pracą oraz weryfikacji wyników audytu energetycznego,
- analizą danych i planowaniem działań usprawniających efektywność wykorzystania energii,
- realizacją planu lub w zależności od potrzeb i możliwości jego części,
- oceną wyników realizacji planu (sprawdzenie, czy efekty są zgodne z przeprowadzonymi analizami i oczekiwaniami) oraz dalszą rejestracją zużycia energii,
- ponowną analizą danych i sporządzeniem nowego planu działań
- podjęciem nowych kroków, mających na celu oszczędność energii itd.

W budynku zarządzanym przez BMS, który uwzględnia również system zarządzania energią EMS (Energy Management System). W zależności od zaawansowania, EMS może być:

- modułem oprogramowania działającym na tej samej platformie sprzętowej co BMS,
- niezależnym systemem działającym na odrębnym sprzęcie od BMS, ale korzystającym z danych gromadzonych przez BMS,
- niezależnym, rozbudowanym oprogramowaniem analitycznym działającym w chmurze obliczeniowej i korzystającym z danych gromadzonych przez BMS.

Zadaniem systemu EMS jest analiza danych pochodzących z liczników mediów (zużycie energii elektrycznej, ciepłej, wody), tworzenia raportów, zestawień, sygnalizowanie przekroczenia stanów alarmowych, a także np. automatyczne rozliczanie energii na działy (lub najemców różnych lokali).

Metody oceny wpływu automatyki budynkowej na energochłonność oraz metodę obliczania współczynników oszczędzania energii zawiera norma EN 15232 „Energetyczne właściwości budynków – wpływ automatyzacji, sterowania i technicznego zarządzania budynkami”. Norma ta wprowadza następujące klasy automatyki budynkowej:

- Klasa D – to takie systemy automatyki budynkowej, które nie mają wpływu na efektywność energetyczną budynku. Są w niej sklasyfikowane wszystkie systemy niespełniające wymogów klasy C.
- Klasa C – to systemy składające się z podstawowej automatyki jak termostaty lub czujniki temperatury, ale umieszczone w każdym pomieszczeniu, czujniki temperatury

na zewnątrz, sterowania natężeniem pracy systemów, jak również funkcjami włącz/wyłącz.

- Klasa B – to zaawansowane systemy automatyki z elementami technicznego zarządzania budynkiem.
- Klasa A – to systemy automatyki o dużej efektywności energetycznej, które umożliwiają dwukierunkową komunikację urządzeń sterujących, wykonawczych i sensorów. Każdy odbiornik energii w każdym pomieszczeniu musi mieć możliwość indywidualnego sterowania reagującego na rzeczywiste potrzeby budynku.

Wpływ na środowisko

Wybór rozwiązań w zakresie systemu zarządzania budynkiem ma znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko na etapie jego eksploatacji. Rodzaje oddziaływania na środowisko przez ten element budynku to:



- ryzyko większego zużycia energii poprzez:
 - niestandardowe zachowania użytkowników (wzrost zużycia energii może być nawet o 100% większy niż wynika z obliczeń projektowych),
 - złą regulację i nieskoordynowane sterowanie systemami technicznymi budynku,
- ryzyko większej emisji CO₂ na etapie eksploatacji budynku związane z nadmiernym zużyciem energii,
- ryzyko nadmiernego zużycia wody związane z brakiem bieżącego monitoringu zużycia, brakiem szybkich systemów wykrywania awarii itp.,
- ryzyko produkcji odpadów, głównie ścieków spowodowane nieracjonalnym gospodarowaniem wodą oraz elektroodpadów związanych z szybkim zużyciem źródeł światła.

Poniżej opisano szerzej wpływ systemu zarządzania budynkiem na poszczególne komponenty środowiska razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływaniu na środowisko.

Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływaniu na środowisko

W obecnej chwili nie istnieją wymagania dotyczące automatyki budynkowej, ale od 9 lipca 2018 r. obowiązuje unijna dyrektywa 2018/844 zmieniająca dwie wcześniejsze: 2010/31/UE



w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (EPBD) oraz 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej (EED), która w artykule 14. ust. 5. ustanawia wymagania, które mają zapewnić, jeżeli jest to możliwe z technicznego i ekonomicznego punktu widzenia, aby

budynki niemieszkalne wyposażone w systemy ogrzewania lub połączone systemy ogrzewania pomieszczeń i wentylacji o znamionowej mocy użytecznej ponad 290 kW zostały wyposażone do 2025 r. w systemy automatyki i sterowania dla budynków.

Biorąc pod uwagę wpływ systemów zarządzania budynkiem na minimalizację oddziaływania tego obiektu na środowisko, wprowadzono dla budynków biurowych i administracyjnych, szkół i przedszkoli, szpitali i przychodni trzy następujące kategorie:

- kategoria I – najlepsza – odpowiadająca klasie A automatyki budynkowej,
- kategoria II – lepsza niż standardowa – odpowiadająca klasie B automatyki budynkowej,
- kategoria III – standardowa – odpowiadająca klasie C automatyki budynkowej.

Opis poszczególnych kategorii zawiera Tabela 6.13.

Tabela 6.13. Proponowane kategorie dla systemów zarządzania budynkiem (BMS): I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa

Kategoria	III	II	I
Przykładowe rozwiązania systemów zarządzania budynkiem	<p>Wszystkie ogrzewane pomieszczenia w budynku posiadają grzejniki z termostatami lub czujniki temperatury, w przypadku klimatyzacji lub ogrzewania nadmuchowego. System grzewczy posiada sterowniki pogodowe z czujnikami temperatury na zewnątrz budynku.</p> <p>Automatyka umożliwia sterowanie natężeniem pracy systemów, jak również funkcjami włącz/wyłącz.</p> <p>W budynku zainstalowane są urządzenia pomiarowe.</p>	<p>W budynku powinna być zainstalowana automatyka umożliwiająca sterowanie wszystkimi podstawowymi systemami technicznym, tak aby możliwe było ciągłe monitorowanie, rejestrowanie, analizowanie i dostosowywanie zużycia energii do potrzeb użytkowników w czasie rzeczywistym.</p> <p>Automatyka powinna umożliwiać komunikacje między systemami i wykrywanie utraty efektywności systemów technicznych budynku.</p>	<p>W budynku należy zastosować system zarządzania budynkiem o dużej efektywności energetycznej, który umożliwia dwukierunkową komunikację urządzeń sterujących, wykonawczych i sensorów. Każdy odbiornik energii w każdym pomieszczeniu musi mieć możliwość indywidualnego sterowania reagującego na rzeczywiste potrzeby budynku.</p> <p>System do zarządzania energią powinien umożliwić bieżące analizowanie zużycia mediów i wykrywania alarmów i awarii.</p> <p>W efekcie zastosowanego systemu BMS budynek powinien spełniać założenia „Inteligentnego Budynku”²⁸.</p>

²⁸ Opisane w Słowniku pojęć.

Rekomendacje i uwagi

Systemy zarządzania budynkiem lub/i system zarządzania energią należy w pierwszej kolejności stosować w obiektach, gdzie występuje duża rotacja użytkowników, np. biurowce, obiekty handlowe, usługowe, służby zdrowia.

6.6. Liczniki zużycia energii i wody

Pomiary zużycia energii i wody to jeden z ważniejszych obszarów sterowania poziomem oddziaływania budynku na środowisko. Dlatego tak ważne jest zastosowanie takiego rozwiązania technicznego, które nie tylko nie sprawia problemów, ale przede wszystkim pozwala oszczędzać energię, czas i pieniądze.

Wpływ na środowisko

Wybór rozwiązań w zakresie liczników zużycia energii i wody ma znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko na etapie jego eksploatacji. Rodzaje oddziaływania na środowisko przez ten element budynku to:



- ryzyko większego zużycia energii związane:
 - z brakiem informacji o jej zużyciu w krótkich odstępach czasowych,
 - ze zużyciem innych mediów np. wody lub chłodu do dostarczenia, których potrzebne jest użycie energii elektrycznej,
- ryzyko większej emisji CO₂ na etapie eksploatacji budynku związanej z większym zużyciem energii,
- ryzyko nadmiernego zużycia wody spowodowane brakiem jej pomiaru w przestrzeni zajmowanej przez określonego użytkownika (np. małej firmy wynajmującej kilka pokoi w biurowcu),
- ryzyko produkcji odpadów, głównie elektroodpadów związane z szybkim zużyciem źródeł światła.

Poniżej opisano szerzej wpływ liczników zużycia energii i wody na poszczególne komponenty środowiska razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływaniu na środowisko.

Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływaniu na środowisko

Podstawowe wymagania dotyczące pomiaru zużycia energii i wody zawiera rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2019 r. poz. 1065). Z analizy treści tego rozporządzenia wynika, że:

- na połączeniu wewnętrznej instalacji wodociągowej zimnej wody w budynku lub zewnętrznej, na terenie działki budowlanej, z siecią wodociągową powinien być zainstalowany zestaw wodomierza głównego, zgodnie z wymaganiami Polskich Norm dotyczących zabudowy zestawów wodomierzowych w instalacjach wodociągowych oraz wymagań instalacyjnych dla wodomierzy (§ 115);
- w budynku mieszkalnym wielorodzinnym, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej należy stosować urządzenia do pomiaru ilości ciepła lub paliwa zużywanego do przygotowania ciepłej wody (§ 135);
- instalacje ogrzewcze powinny być zaopatrzone w odpowiednią aparaturę kontrolną i pomiarową, zapewniającą ich bezpieczne użytkowanie (§ 135);
- instalacje klimatyzacji powinny być wyposażone w odpowiednie urządzenia pomiarowe służące do sprawdzania warunków pracy i kontroli zużycia energii.

Liczba rozwiązań technicznych spełniających wymagania ww. rozporządzenia jest dość duża, począwszy od prostych liczników mechanicznych do pomiaru zużycia wody, aż do skomplikowanych



urządzeń pomiarowych (inteligentnych liczników) zintegrowanych z systemami zarządzania budynkiem (BMS). Biorąc pod uwagę wpływ systemów pomiaru zużycia energii i wody na minimalizację oddziaływania budynku na środowisko, wprowadzono dla obiektów biurowych i administracyjnych, szkół i przedszkoli, szpitali i przychodni trzy kategorie: kategoria I – najlepsza pod względem minimalizacji oddziaływania budynku na środowisko, kategoria II – lepsza niż standardowa i kategoria III – standardowa.

Opis poszczególnych kategorii zawiera Tabela 6.14.

Tabela 6.14. Proponowane kategorie dla liczników zużycia energii i wody: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa

Kategoria	III	II	I
Przykładowe rozwiązania systemów zarządzania budynkiem	Budynek wyposażony jest w standardowe lub inteligentne liczniki wody, ciepła, gazu ziemnego, energii elektrycznej na wejściu do budynku.	W budynku należy zainstalować liczniki energii i wody, ewentualnie ciepła, w poszczególnych pomieszczeniach, umożliwiające zdalny odczyt i monitoring zużycia w określonych przez operatora przedziałach czasowych.	Pomiar zużycia energii i wody na poziomie poszczególnych pomieszczeń lub grupy pomieszczeń powinien być zintegrowany z systemem BMS (System Zarządzania Energią w Budynku). Główny licznik na przyłączy energetycznym do sieci dystrybucyjnej powinien być inteligentny, dający możliwość odczytu energii pobranej w czasie rzeczywistym, ewentualnie wyeksportowanej, gdy obiekt jest wyposażony w instalację OZE (np. PV).

6.7. Instalacja wodociągowa

Instalacja wodociągowa to układ przewodów, armatury i urządzeń służących do zaopatrywania budynku w zimną i ciepłą wodę użytkową. Instalacja wodociągowa odpowiada również za wymagania jakościowe²⁹, jakim powinna podlegać woda przeznaczona do spożycia przez ludzi.

Rekomendacje i uwagi

Na wybór sposobu pomiaru zużycia wody i energii kluczowe znaczenie ma różnorodność podmiotów zajmujących dany obiekt np. inny sposób zastosujemy w biurowcu eksploatowanym przez kilka instytucji, a inny w ratuszu zarządzanym przez jedną instytucję.

Zdalny odczyt może następować w różnych odstępach czasowych i jest dostępny na urządzeniach mobilnych. Dzięki krótkim odstępom czasowym, np. co 6 minut oraz możliwości ciągłego wglądu do wyników z odczytu istnieje możliwość wprowadzania zmiany zachowań ograniczających wpływ na środowisko. Odczyt wykonywany przez

²⁹ Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 2017 poz. 2294).

inkasenta lub odbiorcę końcowego jest wykonywany dużo rzadziej, co utrudnia, a w niektórych przypadkach uniemożliwia, wprowadzania zmian zachowań.

Wpływ na środowisko

Wybór rozwiązań w zakresie instalacji wodociągowej ma znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko na etapie eksploatacji. Rodzaje oddziaływania na środowisko przez ten element budynku to:



- ryzyko nadmiernego zużycia wody,
- ryzyko większego zużycia energii poprzez:
 - zwiększone zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną używaną na etapie eksploatacji na potrzeby podgrzania c.w.u.,
 - zwiększone zapotrzebowanie na energię końcową używaną na etapie eksploatacji na potrzeby podgrzania c.w.u.,
- ryzyko większej emisji CO₂ na etapie eksploatacji budynku związanej z podgrzewem c.w.u. (implikacja zwiększonego zużycia energii),
- ryzyko produkcji odpadów, w postaci ścieków, na etapie eksploatacji budynku.

Poniżej opisano szerzej wpływ instalacji wodociągowej na poszczególne komponenty środowiska razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływaniu na środowisko.

Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływaniu na środowisko

W skład instalacji wodociągowej wchodzi instalacja wody zimnej, ciepłej oraz instalacja cyrkulacyjna. Instalacja ciepłej wody powinna być zaprojektowana i wykonana w taki sposób, aby ilość energii cieplnej potrzebnej do przygotowania tej wody była utrzymywana na racjonalnie niskim poziomie.



Urządzenia do przygotowania ciepłej wody instalowane w budynkach powinny odpowiadać wymaganiom dotyczącym efektywności energetycznej, które określono w przepisach odrębnych. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/1369³⁰ ustanawia ramy etykietowania energetycznego, w oparciu o które wydawane są akty delegowane wprowadzające etykiety energetyczne dla poszczególnych grup produktowych. W przypadku podgrzewaczy wody, zasobników ciepłej wody użytkowej i zestawów zawierających

³⁰ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/1369 z dnia 4 lipca 2017 r. ustanawiające ramy etykietowania energetycznego i uchylające dyrektywę 2010/30/UE

podgrzewacz wody i urządzenie słoneczne jest to Rozporządzenie delegowane (UE) nr 812/2013³¹.

Straty ciepła na przesyle ciepłej wody użytkowej i w przewodach cyrkulacyjnych powinny być na racjonalnie niskim poziomie. Izolacja cieplna przewodów rozdzielczych i komponentów w instalacjach ciepłej wody użytkowej (w tym przewodów cyrkulacyjnych) powinna spełniać wymagania minimalne, które zawiera Tabela 6.15.

³¹ Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) nr 812/2013 z dnia 18 lutego 2013 r. uzupełniające dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/30/UE w odniesieniu do etykiet efektywności energetycznej dla podgrzewaczy wody, zasobników ciepłej wody użytkowej i zestawów zawierających podgrzewacz wody i urządzenie słoneczne

Tabela 6.15. Minimalne wymagania izolacji cieplnej przewodów rozdzielczych i komponentów w instalacjach centralnego ogrzewania, ciepłej wody użytkowej (w tym przewodów cyrkulacyjnych), instalacji chłodu i ogrzewania powietrznego³²

Lp.	Rodzaj przewodu lub komponentu	Minimalna grubość izolacji cieplnej (materiał o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda=0,035[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$ ¹⁾)
1.	Średnica wewnętrzna do 22 mm	20 mm
2.	Średnica wewnętrzna od 22 do 35 mm	30 mm
3.	Średnica wewnętrzna od 35 do 100 mm	równa średnicy wewnętrznej Rifi
4.	Średnica wewnętrzna ponad 100 mm	100 mm
5.	Przewody i armatura wg lp. 1-4 przechodzące przez ściany lub stropy, skrzyżowania przewodów	50% wymagań z lp. 1-4
6.	Przewody ogrzewań centralnych, przewody wody ciepłej i cyrkulacji instalacji ciepłej wody użytkowej wg lp. 1-4, ułożone w komponentach budowlanych między ogrzewanymi pomieszczeniami różnych użytkowników	50% wymagań z lp. 1-4
7.	Przewody wg lp. 6 ułożone w podłodze	6 mm
8.	Przewody ogrzewania powietrznego (ułożone w części ogrzewanej budynku)	40 mm
9.	Przewody ogrzewania powietrznego (ułożone w części nieogrzewanej budynku)	80 mm
10.	Przewody instalacji wody lodowej prowadzone wewnątrz budynku ²⁾	50% wymagań z lp. 1-4
11.	Przewody instalacji wody lodowej prowadzone na zewnątrz budynku ²⁾	100% wymagań z lp. 1-4
<p>Uwaga:</p> <p>¹⁾ Przy zastosowaniu materiału izolacyjnego o innym współczynniku przewodzenia ciepła niż podany w tabeli – należy skorygować grubość warstwy izolacyjnej.</p> <p>²⁾ Izolacja cieplna jako powietrznoszczelna.</p>		

³² rozporządzenie Ministra infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2019 r. poz. 1065)

W budynkach, z wyjątkiem jednorodzinnych, zagrodowych i rekreacji indywidualnej, w instalacji ciepłej wody powinien być zapewniony stały obieg wody, także na odcinkach przewodów o objętości wewnątrz przewodu powyżej 3 dm³, prowadzących do punktów czerpalnych.

Instalacja wodociągowa ciepłej wody powinna umożliwiać uzyskanie w punktach czerpalnych wody o temperaturze nie niższej niż 55°C i nie wyższej niż 60°C.

Instalacja wodociągowa ciepłej wody powinna umożliwiać przeprowadzanie ciągłej lub okresowej dezynfekcji metodą chemiczną lub fizyczną (w tym okresowe stosowanie metody dezynfekcji cieplnej), bez obniżania trwałości instalacji i zastosowanych w niej wyrobów. Do przeprowadzenia dezynfekcji cieplnej niezbędne jest zapewnienie uzyskania w punktach czerpalnych temperatury wody nie niższej niż 70°C i nie wyższej niż 80°C.

W budynkach ekologicznych należy stosować rozwiązania pozwalające na ograniczenie zużycia energii na potrzeby przygotowania c.w.u. i ograniczenie zużycia wody.

Ograniczenie zużycia energii na potrzeby przygotowania c.w.u., w stopniu większym niż wymagają tego krajowe regulacje, można osiągnąć dzięki:

- inteligentnym systemom cyrkulacji wody, które uruchamiają się w momencie, gdy przewidywane jest zapotrzebowanie na ciepłą wodę – pozwala to na efektywne ograniczenie strat ciepła w instalacji,
- zastosowaniu przed punktem poboru wody przepływowych dogrzewaczy c.w.u., wyłączających się automatycznie, gdy wystąpi chwilowy brak poboru ciepłej wody,
- odzyskowi energii ze zużytej wody ciepłej – zimna woda jest wstępnie podgrzewana przez ciepłą użytą wodę opuszczającą budynek,
- zastosowaniu podgrzewaczy i zasobników c.w.u. o najwyższej klasie energetycznej.

Instalacja ciepłej i zimnej wody powinna być zaprojektowana i wykonana w taki sposób, aby ilość zużywanej wody była utrzymywana na racjonalnie niskim poziomie. Ograniczenie zużycia wody, co wiąże się z jednoczesnym ograniczeniem produkcji ścieków (odpadów) w instalacji wodociągowej, można osiągnąć dzięki:



- zastosowaniu wodo-oszczędnej armatury – wodo-oszczędne natryski, baterie z „eko-przyciskiem”, ograniczniki przepływu, słuchawki prysznicowe, urządzenia zamykające przepływ wody w niezakreślonych kranach czy końcówki na krany lub prysznice, tzw. perlatory (aeratory), które napowietrzają wodę, przyczyniając się do zmniejszenia jej zużycia bez obniżania komfortu jej użytkowania (zaleca się również używanie baterii termostatycznych z czujnikiem termicznym w głowicy, który reguluje stopień zmieszania ciepłej i zimnej wody lub baterii bezdotykowych, wyposażonych w fotokomórkę sterującą włączaniem i wyłączeniem wody, tylko przy podstawieniu pod nią ręk);

- zastosowaniu wodo-oszczędnych sputczek sedesowych i pisuarowych (sputczki sedesowe powinny być wyposażone w system dostosowujący ilość sputkiwanej wody do potrzeb);
- wodo-oszczędne wyposażenie kuchni i pralni (stosowane urządzenia powinny charakteryzować się możliwie wysoką klasą energetyczną, co dotyczy: pralek, pralko-suszarek i zmywarek).

Analiza efektywności energetycznej oraz ograniczenia zużycia wody były podstawą do zaproponowania rozwiązań w trzech kategoriach: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa, III – standardowa.

Tabela 6.16. Proponowane kategorie dla instalacji wodociągowej: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa

Kategoria	III	II	I
Ograniczenie zużycia energii	Zaizolowanie instalacji w budynku zgodnie z wymaganiami wynikającymi z Rozporządzenia ws. warunków technicznych ³³ (Tabela 6.15.)	<p>Budynek powinien posiadać:</p> <ul style="list-style-type: none"> - instalacje zaizolowane zgodnie z wymaganiami bez zmniejszania grubości w przegrodach - podgrzewacze wody klasy energetycznej $\geq A$ - automatycznie sterowane, energooszczędne (klasa A) pompy cyrkulacyjne 	<p>Budynek powinien posiadać:</p> <ul style="list-style-type: none"> - instalacje zaizolowane z mnożnikiem 1,5 w stosunku do wymagań bez zmniejszania grubości w przegrodach - zestawy zawierające podgrzewacz wody i urządzenie słoneczne (tylko w szpitalach) klasy energetycznej $\geq A+$ - automatycznie sterowane, energooszczędne (klasa A) pompy cyrkulacyjne zintegrowane z BMS, jeżeli istnieje - odzysk ciepła z wody szarej

³³ rozporządzenie Ministra infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2019 r. poz. 1065)

Ograniczenie zużycia wody i produkcji ścieków	Budynek wyposażony w:	Budynek powinien być wyposażony w:	Budynek powinien być wyposażony w:
	<ul style="list-style-type: none"> - standardowe baterie - standardowe sfontczki - pralki, pralko-suszarki i zmywarki o klasie energetycznej \geq A 	<ul style="list-style-type: none"> - baterie bezdotykowe oraz jednouchwytowe ze specjalnymi eko-przyciskami i eko-blokadami. - sfontczki z dwudzielnym przyciskiem 6/3l - sfontczki pisuarowe II - pralki, pralko-suszarki i zmywarki o klasie energetycznej \geq A+ 	<ul style="list-style-type: none"> - baterie bezdotykowe oraz jednouchwytowe ze specjalnymi eko-przyciskami i eko-blokadami. - sfontczki z dwudzielnym przyciskiem 4/2l - sfontczki pisuarowe II - pralki, pralko-suszarki i zmywarki o klasie energetycznej \geq A++

Rekomendacje i uwagi

Należy podkreślić, że stosowanie instalacji centralnej (jeden duży zasobnik, instalacja rozprowadzająca) może być mniej efektywne energetyczne w stosunku do instalacji decentralnej (miejscowy podgrzewacz c.w.u.), w takich obiektach jak:

budynki biurowe i administracyjne – z uwagi na małe zapotrzebowanie jednostkowe na c.w.u. oraz harmonogram użytkowania (brak użytkowania wieczorem i w weekendy),

szkoły i przedszkola – z uwagi na małe zapotrzebowanie jednostkowe na c.w.u. oraz harmonogram użytkowania (brak użytkowania wieczorem, w weekendy i wakacje).

Rozwiązanie to może być lepsze, ale nie zawsze takie będzie. W przypadku każdego budynku powinno to zostać przeanalizowane indywidualnie. Przykładem mogą tu być budynki, w których znajdują się będą również pomieszczenia mieszkalne (np. szkoły z mieszkaniami dla nauczycieli). W takim przypadku zużycie wody ciepłej będzie większe i stałe, co wpływa na rodzaj zastosowanej instalacji.

6.8. Instalacja grzewcza

Instalacja ogrzewania ma za zadanie dostarczenie ciepła do pomieszczeń w celu utrzymania w nich wymaganej temperatury wewnętrznej. Zazwyczaj w budynkach stosuje się systemy ogrzewania centralnego, w skład których wchodzi źródło ciepła, instalacja dystrybucji przekazująca ciepło do elementów grzejnych znajdujących się w pomieszczeniach i układu regulacji. System grzewczy powinien zapewnić równomierny rozkład temperatury w pomieszczeniach, umożliwiać jej regulację, charakteryzować się niskim kosztem eksploatacji i być możliwie najmniej uciążliwy dla środowiska naturalnego.

Wpływ na środowisko

Wybór rozwiązań w zakresie instalacji grzewczej ma znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko na etapie eksploatacji. Rodzaje oddziaływania na środowisko przez ten element budynku to:



- ryzyko większego zużycia energii pierwotnej i końcowej poprzez:
 - zastosowanie rozwiązań o małej sprawności energetycznej,
 - brak możliwości regulacji temperatury w pomieszczeniach i programowania sposobu pracy instalacji,
 - niedostosowanie rodzaju i parametrów systemu grzewczego do zastosowanego źródła ciepła.
- ryzyko większej emisji CO₂ na etapie eksploatacji budynku, związanej ze zwiększeniem zużycia energii potrzebnej na ogrzewanie budynku.
- ryzyko większej emisji zanieczyszczeń powietrza, w wyniku zwiększenia zużycia energii do ogrzewania, takich jak:
 - pyły PM10 i PM2,5,
 - dwutlenek siarki,
 - tlenki azotu,
 - benzo(a)piren.

Poniżej opisano szerzej wpływ instalacji grzewczej na poszczególne komponenty środowiska, razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływaniu na środowisko.

Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływaniu na środowisko

O efektywności energetycznej instalacji grzewczej decydują takie składowe jak:



- sprawność źródła ciepła – omówiona w oddzielnym rozdziale;
- sprawność akumulacji w elementach pojemnościowych systemu grzewczego budynku, w obrębie osłony bilansowej lub poza nią, zależna od parametrów nośnika ciepła i stopnia izolacji cieplnej zbiornika buforowego;
- sprawność dystrybucji ciepła, zależna od odległości, na jaką przesyłane jest ciepło i jakości izolacji cieplnej instalacji (głównie sieci przewodów);
- sprawność regulacji i wykorzystania, zależna od rodzaju odbiorników, nośnika ciepła i zastosowanych urządzeń regulacyjnych (regulacja centralna, strefowa, miejscowa, adaptacyjna).

Straty ciepła na przewodach zasilających i powrotnych instalacji wodnej centralnego ogrzewania powinny być na racjonalnie niskim poziomie. Izolacja cieplna tych przewodów powinna spełniać wymagania określone w Warunkach Technicznych³⁴.

Grzejniki oraz inne urządzenia odbierające ciepło z instalacji ogrzewczej powinny być zaopatrzone w regulatory dopływu ciepła. W budynku zasilanym z sieci ciepłowniczej oraz w budynku z własnym (indywidualnym) źródłem ciepła na olej opałowy, paliwo gazowe lub energię elektryczną, regulatory dopływu ciepła do grzejników powinny działać automatycznie, w zależności od zmian temperatury wewnętrznej w pomieszczeniach, w których są zainstalowane.

³⁴ Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2019 r. poz. 1065)

Tabela 6.17. Proponowane kategorie dla instalacji grzewczej: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa

Kategoria	III	II	I
Sprawność akumulacji	Zasobniki buforowe w budynku o klasie energetycznej $\geq B$ (o ile istnieją)	Budynek powinien posiadać: <ul style="list-style-type: none"> - zasobniki buforowe o klasie energetycznej $\geq A$ (o ile istnieją) - zbiorniki wewnątrz strefy ogrzewanej (o ile istnieją) 	Budynek powinien posiadać: <ul style="list-style-type: none"> - zasobniki buforowe o klasie energetycznej $\geq A$ (o ile istnieją) - zbiorniki wewnątrz strefy ogrzewanej (o ile istnieją)
Sprawność dystrybucji	Instalacja w budynku zaizolowana zgodnie z wymaganiami, które przedstawia tabela 6.15.	Budynek powinien posiadać: <ul style="list-style-type: none"> - instalacje zaizolowane zgodnie z wymaganiami (Tabela 6.15.), bez zmniejszania grubości w przegrodach - energooszczędne pompy obiegowe klasy A 	Budynek powinien posiadać: <ul style="list-style-type: none"> - instalacje zaizolowane z mnożnikiem 1,5 w stosunku do wymagań (Tabela 6.15.) bez zmniejszania grubości w przegrodach - energooszczędne pompy obiegowe klasy A
Sprawność regulacji i wykorzystania	Grzejniki w budynku wyposażone w zawory z głowicami termostatycznymi	Budynek powinien posiadać: <ul style="list-style-type: none"> - grzejniki wyposażone w zawory z głowicami termostatycznymi zakres proporcjonalności P – 1K - układy sterowania centralnego z regulatorem pogodowym z programowaniem tygodniowym 	Budynek powinien posiadać: <ul style="list-style-type: none"> - grzejniki wyposażone w zawory z programowalnymi głowicami termostatycznymi - inteligentne układy sterowania centralnego regulatorem pogodowym z programowaniem tygodniowym, zintegrowany z BMS, o ile istnieje

Rekomendacje i uwagi

W przypadku obiektów użytkowanych okresowo, takich jak szkoły, przedszkola, budynki administracyjne, szczególnie ważne jest zastosowanie rozwiązań pozwalających na dostosowaniu i programowaniu zmiany temperatury wewnętrznej, czyli zastosowaniu dziennego lub weekendowego obniżenia jej wartości.

6.9. Instalacja wentylacyjna i klimatyzacyjna

Wentylacja ma za zadanie zapewnić wymaganą, mniej (grawitacyjną) lub bardziej (mechaniczną), kontrolowaną wymianę powietrza w budynku, celem uzyskania odpowiedniej jakości powietrza wewnętrznego. Prawidłowo zaprojektowana oraz wykonana wentylacja powinna zapewniać ciągłą wymianę powietrza i jego ukierunkowany przepływ wewnątrz budynku. Zadaniem systemu klimatyzacji jest utrzymanie w pomieszczeniach zadanych parametrów środowiska wewnętrznego w odniesieniu do temperatury powietrza i jego wilgotności względnej. System chłodzenia, w odróżnieniu od klimatyzacji, pozwala na utrzymanie jedynie zadanej temperatury wewnętrznej, bez precyzyjnego sterowania poziomem wilgotności względnej.

Wpływ na środowisko

Wybór rozwiązań w zakresie instalacji wentylacyjnej i klimatyzacyjnej ma znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko na etapie eksploatacji. Rodzaje oddziaływania na środowisko przez ten element budynku to:



- ryzyko większego zużycia energii pierwotnej i końcowej poprzez:
 - stosowanie nieefektywnych systemów wentylacji i klimatyzacji zwiększających straty ciepła na podgrzewania lub chłodzenia powietrza,
 - źle zaprojektowane i dobrane elementy systemów wentylacji i klimatyzacji, np. centrale wentylacyjne,
 - niewłaściwie dobrane parametry pracy systemów wentylacji i klimatyzacji, np. zbyt duże strumienie powietrza wentylacyjnego, zbyt niskie nastawy temperatur wewnętrznych,
- ryzyko większej emisji CO₂ na etapie eksploatacji budynku związanej ze zwiększonym zużyciem energii i paliw na podgrzanie lub chłodzenie powietrza wentylacyjnego lub zwiększonym zużyciem energii pomocniczej przez elementy systemu wentylacji i klimatyzacji.

Poniżej opisano szerzej wpływ instalacji wentylacyjnej i klimatyzacyjnej na poszczególne komponenty środowiska, razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływaniu na środowisko.

Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływaniu na środowisko

Zgodnie z wymaganiami Warunków Technicznych³⁵ w instalacjach wentylacji mechanicznej ogólnej nawiewno-wywiewnej lub klimatyzacji komfortowej o wydajności 500 m³/h i więcej należy stosować urządzenia do odzyskiwania ciepła z powietrza wywiewanego o sprawności temperaturowej co najmniej 50% lub recyrkulację, gdy jest to dopuszczalne, np. odrębnymi przepisami dotyczącymi budynków takich jak przychodnie, szpitale.

Wentylację mechaniczną wywiewną lub nawiewno-wywiewną należy stosować w budynkach wysokich i wysokościowych oraz w innych budynkach, w których zapewnienie odpowiedniej wymiany powietrza nie jest możliwe za pomocą wentylacji grawitacyjnej lub wentylacji hybrydowej. W pozostałych budynkach może być stosowana wentylacja grawitacyjna lub wentylacja hybrydowa.

Urządzenia i elementy wentylacji mechanicznej i klimatyzacji powinny być stosowane w sposób umożliwiający uzyskanie zakładanej jakości środowiska w pomieszczeniu, przy racjonalnym zużyciu energii do ogrzewania i chłodzenia oraz energii elektrycznej.

Pompy obiegowe w obiegach chłodzących i ogrzewczych instalacji klimatyzacji powinny być regulowane według obciążenia cieplnego – dostosowywać swoją wydajność do zmieniającego się zapotrzebowania na energię budynku.

W budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego, oświaty, wychowania, opieki zdrowotnej i opieki społecznej, a także w pomieszczeniach biurowych przeznaczonych na pobyt ludzi, niewyposażonych w wentylację mechaniczną lub klimatyzację, okna, w celu okresowego przewietrzania, powinny mieć konstrukcję umożliwiającą otwieranie co najmniej 50% powierzchni. Takie rozwiązanie ułatwia realizację przewietrzania nocnego.

Maksymalną moc właściwą wentylatorów stosowanych w instalacjach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych określa Tabela 6.18.

³⁵ Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2019 r. poz. 1065)

Tabela 6.18. Maksymalna moc właściwa wentylatorów stosowanych w instalacjach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych

Lp.	Rodzaj i zastosowanie wentylatora	Maksymalna moc właściwa wentylatora [kW/(m³/s)]
1.	Wentylator nawiewny	1,60
	a) instalacja klimatyzacji lub wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła b) instalacja wentylacji nawiewno-wywiewnej bez odzysku ciepła oraz wentylacji nawiewnej	1,25
2.	Wentylator wywiewny:	1,00
	a) instalacja klimatyzacji lub wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła	1,00
	b) instalacja wentylacji nawiewno-wywiewnej bez odzysku ciepła	0,80
	c) instalacja wywiewna	

Dopuszcza się zwiększenie mocy właściwej wentylatora, w przypadku zastosowania wybranych elementów instalacji, do wartości, które prezentuje Tabela 6.19.

Tabela 6.19. Dodatkowa moc właściwa wentylatora dodatkowych elementów instalacji wentylacyjnej lub klimatyzacyjnej

Lp.	Dodatkowe elementy instalacji wentylacyjnej lub klimatyzacyjnej	Dodatkowa moc właściwa wentylatora [kW/(m³/s)]
1.	Dodatkowy stopień filtracji powietrza	0,3
2.	Dodatkowy stopień filtracji powietrza z filtrami klasy H10 i wyższej	0,6
3.	Filtry do usuwania gazowych zanieczyszczeń	0,3
4.	Wysoko skuteczne urządzenie do odzysku ciepła (sprawność temperaturowa większa niż 67%)	0,3

Należy podkreślić, że ekologiczne budynki użyteczności publicznej powinny być projektowane w taki sposób, aby wszędzie, gdzie jest to możliwe, komfortowe warunki wewnętrzne były zapewnione bez aktywnych systemów chłodzenia lub klimatyzacji. W tym celu należy w pierwszej kolejności:

- ograniczyć wielkość zysków słonecznych w okresie lata – mała powierzchnia przeszklona plus elementy zacieniające,
- wykorzystać system wentylacji do przewietrzania nocnego,
- zapewnić właściwą regulację i użytkowanie systemu grzewczego i wentylacji
- ograniczyć wielkość wewnętrznych zysków ciepła dzięki zastosowaniu energooszczędnych urządzeń.

Ważnym elementem właściwej eksploatacji budynków ekologicznych jest odpowiednia regulacja i użytkowanie systemu ogrzewania/wentylacji oraz jej wpływ na temperaturę wewnętrzną. Brak regulacji miejscowej w instalacji c.o. lub duża bezwładność cieplna mogą powodować przegrzewanie pomieszczeń w okresach przejściowych. Natomiast ciągła praca wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła (również w okresie letnim) spowoduje niepotrzebne podgrzewanie powietrza nawiewanego. W takiej sytuacji budynek nie będzie mógł się wychłodzić podczas nocy, gdy temperatura powietrza na zewnątrz budynku jest zazwyczaj o kilka stopni niższa od temperatury powietrza wewnętrznego.

Proponowany schemat pracy centrali wentylacyjnej nawiewno-wywiewnej, z odzyskiem ciepła w okresie lata, zapobiegający przegrzewaniu budynku jest następujący:

- w przypadku, gdy temperatura powietrza usuwanego z budynku przed centralą jest wyższa od 22°C i jednocześnie wyższa od temperatury powietrza zewnętrznego, sprawność odzysku ciepła wynosi 0% (powietrze nawiewane do budynku płynie przez bypass), a strumień objętościowy powietrza nawiewanego i usuwanego z budynku zostaje zwiększony o 150%;
- w pozostałych przypadkach (temperatura powietrza zewnętrznego wyższa od temperatury powietrza usuwanego) system wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej działa z odzyskiem ciepła, a wielkość strumienia powietrza nawiewanego i usuwanego jest zmniejszona do 60%.

Kolejnym rozwiązaniem jest stosowanie przewietrzania nocnego, które może skutecznie pomóc wychładzać budynek w okresie nocnym. Przepływ powietrza przez budynek jest wtedy wywołany w sposób naturalny i zależy od różnicy temperatur, prędkości wiatru oraz wielkości otworów wentylacyjnych.

Aby skorzystać z tego rozwiązania, należy w budynku ekologicznym zastosować odpowiednią ilość otwieranych/uchylanych okien, a także otworów wentylacyjnych (wymagana powierzchnia otworów to około 3% powierzchni podłogi lub zgodnie z Warunkami Technicznymi 50% powierzchni okien). Dodatkowo otwory powinny być zlokalizowane w sposób umożliwiający powstanie ciągu wentylacyjnego i przewietrzanie całego budynku.

Do chłodzenia powietrza nawiewanego do budynku można wykorzystać gruntowe wymienniki ciepła lub pasywny system chłodzenia. Gruntowy wymiennik ciepła wykorzystuje zakumulowane w gruncie ciepło do podgrzania w zimie powietrza zewnętrznego do temperatury około 0°C. Latem przepływające przez gruntowy wymiennik ciepła powietrze jest chłodzone o 10 K do 15 K (od 10°C do 15°C), co daje efekt zbliżony do instalacji klimatyzacyjnej.

W najprostszym wykonaniu rolę wymiennika pełni rura z tworzywa sztucznego, o odpowiednio dobranej średnicy i długości, ułożona poniżej poziomu zamarzania gruntu.

Chłodzenie pasywne (free cooling) nie przyczynia się do znacznego wzrostu zużycia energii, a może wpłynąć na poprawę komfortu cieplnego w okresie lata. Zastosowanie pasywnego systemu chłodzenia polega na wykorzystaniu pionowych kolektorów gruntowych pompy ciepła. Czynnik chłodzący (np. roztwór glikolu) krążący w kolektorach może oddawać ciepło do gruntu, a po schłodzeniu będzie służył do chłodzenia powietrza nawiewanego do budynku lub krążył w systemie grzewczym. Systemy chłodzenia pasywnego charakteryzują się wysoką efektywnością, co znacznie zmniejsza koszty produkcji chłodu oraz podnosi sprawność pracy pompy ciepła.

Tabela 6.20. Proponowane kategorie dla instalacji wentylacyjnej i klimatyzacyjnej: I – najlepsza, II – lepsza niż standardowa i III – standardowa

Kategoria	III	II	I
Wentylacja grawitacyjna lub hybrydowa	Stosuje się oba typy wentylacji	W budynku powinna być zastosowana tylko wentylacja hybrydowa	W budynku powinna być zastosowana tylko wentylacja hybrydowa o wydajności sterowanej stężeniem CO ₂ , zintegrowana z BMS, jeżeli istnieje
Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna	Budynek powinien być wyposażony w centralę wentylacyjną o minimalnej temperaturowej sprawności odzysku ciepła ≥ 50% Pobór mocy urządzeń zgodny z wymaganiami	Budynek powinien być wyposażony w centralę wentylacyjną o minimalnej temperaturowej sprawności odzysku ciepła ≥ 70% Maksymalna wartość współczynnika poboru mocy elektrycznej nie powinna przekraczać ≤ 0,50 W/(m ³ /h) System powinien być wyposażony w automatykę sterującą wydajnością centrali	Budynek powinien być wyposażony w centralę wentylacyjną o minimalnej temperaturowej sprawności odzysku ciepła ≥ 80% Maksymalna wartość współczynnika poboru mocy elektrycznej nie powinna przekraczać ≤ 0,40 W/(m ³ /h) System powinien być wyposażony w automatykę sterującą wydajnością centrali na podstawie pomiaru stężenia CO ₂ , zintegrowana z BMS, jeżeli istnieje

<p>System klimatyzacji i chłodzenia</p>	<p>Budynek posiada tradycyjne rozwiązania w zakresie systemów klimatyzacji i chłodzenia</p> <p>Instalacja wody lodowej zaizolowana zgodnie z wymaganiami wynikającymi z Rozporządzenia ws. Warunków Technicznych³⁶ (Tabela 6.15.)</p>	<p>O ile to możliwe, budynek powinien nie posiadać tradycyjnego systemu chłodzenia lub klimatyzacji</p> <p>Osiągnięcie komfortowych warunków powinno być uzyskane dzięki:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wykorzystaniu przewietrzania nocnego - właściwej regulacji i użytkowaniu systemu wentylacji i ogrzewania - zastosowaniu gruntowego wymiennika ciepła (opcja) <p>System powinien być wyposażony w energooszczędne pompy obiegowe klasy A</p> <p>Instalacja wody lodowej zaizolowana zgodnie z wymaganiami (Tabela 6.15.) bez zmniejszania grubości w przegrodach</p>	<p>O ile to możliwe, budynek powinien nie posiadać tradycyjnego systemu chłodzenia lub klimatyzacji</p> <p>Osiągnięcie komfortowych warunków powinno być uzyskane dzięki:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wykorzystaniu przewietrzania nocnego - właściwej regulacji i użytkowaniu systemu wentylacji i ogrzewania, zintegrowanej z BMS, jeżeli istnieje - zastosowaniu gruntowego wymiennika ciepła (opcja) <p>System powinien być wyposażony w energooszczędne pompy obiegowe klasy A</p> <p>Instalacja wody lodowej zaizolowana z mnożnikiem 1,5 w stosunku do wymagań (Tabela 6.15.) bez zmniejszania grubości w przegrodach</p>
--	--	---	--

³⁶ rozporządzenie Ministra infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2019 r. poz. 1065)

6.10. Kanalizacja ściekowa i deszczowa

Zgodnie z rozporządzeniem ³⁷ instalację kanalizacyjną stanowi układ połączonych przewodów wraz z urządzeniami, przyborami i wpustami odprowadzającymi ścieki oraz wody opadowe do pierwszej studzienki od strony budynku. Instalacja kanalizacyjna budynku powinna umożliwiać odprowadzanie ścieków, a także wód opadowych z tego budynku.

Wpływ na środowisko

Wybór rozwiązań z zakresu kanalizacji ściekowej i deszczowej ma znaczenie z punktu widzenia wpływu budynku na środowisko na etapie eksploatacji. Rodzaje oddziaływań na środowisko przez ten element budynku to:



- ryzyko nadmiernego zużycia wody potrzebnej do spłukiwania toalet i pisuarów, prania, prac porządkowych i nawadniania;
- ryzyko produkcji odpadów w postaci ścieków w wyniku niezagospodarowania wody deszczowej i wody szarej.

Poniżej opisano szerzej wpływ kanalizacji ściekowej i deszczowej na poszczególne komponenty środowiska razem z propozycją przeciwdziałania negatywnemu oddziaływaniu na środowisko.

Zgodnie z wymaganiami Warunków Technicznych działka budowlana, na której sytuowane są budynki, powinna być wyposażona w kanalizację umożliwiającą odprowadzenie wód opadowych do sieci kanalizacji deszczowej lub ogólnospławnej.

W przypadku budynków niskich lub budynków, dla których nie ma możliwości przyłączenia do sieci kanalizacji deszczowej lub ogólnospławnej, dopuszcza się odprowadzenie wód opadowych na własny teren nieutwardzony, do dołów chłonnych lub do zbiorników retencyjnych.

Rozwiązania dot. przeciwdziałania oddziaływaniu na środowisko

Usprawnienia w zakresie kanalizacji ściekowej i deszczowej w przypadku budynków ekologicznych mogą polegać na zastosowaniu:



- systemu zagospodarowania wody deszczowej,
- instalacji wody szarej.

W systemie zagospodarowania wody deszczowej powierzchnia dachu jest wykorzystywana do zbierania wody deszczowej. Budynek posiada dodatkowo instalację do gromadzenia i wykorzystywania wody deszczowej. Woda deszczowa jest oczyszczana i filtrowana, a następnie wykorzystywana do: spłukiwania toalet i pisuarów, prania, prac porządkowych

³⁷ *ibidem*

i nawadniania. Wykorzystanie wody deszczowej redukuje wykorzystanie wody z sieci wodociągowej.

Instalacja wody szarej obejmuje system filtracji ścieków (wody szarej) pochodzących z natrysków, umywalek, wanien i pralek (za wyjątkiem ścieków pochodzących ze spłukiwania toalet i zlewozmywaków kuchennych). Wymagane jest wykonanie dualnej instalacji wodno-kanalizacyjnej, pozwalającej na zbieranie wody szarej i dystrybucję wody oczyszczonej. Woda oczyszczona pochodząca z recyklingu musi zostać ponownie wykorzystana na terenie budynku, aby zmniejszyć zużycie wody z sieci wodociągowej. Ponowne użycie wody szarej wpływa na zmniejszenie ilości ścieków odprowadzonych do sieci kanalizacyjnej. Oczyszczona woda może być wykorzystana do spłukiwania toalet i pisuarów, prania, prac porządkowych i nawadniania.

Tabela 6.21. Proponowane kategorie dla kanalizacji ściekowej i deszczowej: I – najlepsza II – lepsza niż standardowa i kategoria III – standardowa

Kategoria	I	II	III
Kanalizacja ściekowa i deszczowa	Budynek posiada rozwiązania zgodne z krajowymi wymaganiami	Budynek powinien być wyposażony w system zagospodarowania wody deszczowej lub instalację wody szarej	Budynek powinien być wyposażony w system zagospodarowania wody deszczowej i instalację wody szarej

7. Podsumowanie

Analiza inwestycji budowlanej pod kątem możliwości ograniczenia negatywnego oddziaływania na środowisko jest procesem złożonym. Kompleksowa ocena wymaga spojrzenia indywidualnego na konkretny obiekt, w konkretnych warunkach, na wielu poziomach.

Opracowanie zostało przygotowywane z myślą o zamówieniach publicznych na usługi projektowania budynków użyteczności publicznej i infrastruktury towarzyszącej.

Niniejsze opracowanie nie wyczerpuje wszystkich aspektów zagadnienia, a jedynie zwraca uwagę na najważniejsze z nich. Przedstawione tu wskazówki mają ułatwić ich zrozumienie, a ze względu na interdyscyplinarność problemów, ocena takiej inwestycji pod kątem możliwości ograniczenia jej negatywnego wpływu na środowisko powinna być wykonana indywidualnie, przez specjalistów.

Jednocześnie należy zaznaczyć, że przedstawiane w ramach niniejszego opracowania rozwiązania nie uwzględniają ich aspektów ekonomicznych. Oznacza to, że realizacja propozycji działań opisywanych jako lepsze niż standardowe (kategoria II) lub najlepsze (kategoria III) może wiązać się ze zwiększeniem kosztów inwestycyjnych. W niektórych przypadkach większe koszty inwestycyjne, np. z uwagi na lepiej zaizolowane przegrody, będą powodować zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych – mniejszy koszt ogrzewania z uwagi na mniejsze straty ciepła przez przenikanie. O wyborze optymalnego rozwiązania z punktu widzenia ekonomicznego powinna decydować analiza kosztów w cyklu życia budynku.