

Wybór materiałów budowlanych w kontekście efektywności energetycznej i wpływu środowiskowego

Mgr inż. arch. Michał Golański, biuro architektoniczne Modular Studio, Warszawa

1. Wprowadzenie

Wybór materiałów budowlanych w olbrzymim stopniu kształtuje wpływ budynku na środowisko naturalne. Niemal wszystkie materiały budowlane są przetwarzane przed zastosowaniem na budowie, każdy z nich musi być również transportowany. Przetwarzanie materiałów może być minimalne, jak w przypadku domu jednorodzinnego zbudowanego w technologii tradycyjnej z materiałów pozyskanych lokalnie, albo może być intensywne i obszerne, jak w przypadku budownictwa z prefabrykatów. Przetwarzanie materiałów wiąże się nieuchronnie ze zużyciem energii i wytwarzaniem odpadów. Projektant może zasadniczo decydować o poziomie energii pierwotnej budynku poprzez specyfikację materiałów budowlanych.

2. Zużycie energii w procesie budowlanym

Produkcja i przetwarzanie materiału budowlanego obciąża środowisko naturalne poprzez: wydobywanie i zużycie surowców nieenergetycznych i energetycznych, zużycie wody, emisję zanieczyszczeń, powstawanie odpadów stałych i ciekłych.

Większość surowców wykorzystywana w tym procesie ma jednorazowe zastosowanie, bez możliwości recyklingu po rozbiórce,

generując w ten sposób odpady. Wzniesienie obiektu, wiąże się również z zabudową powierzchni biologicznie czynnej. Obciążenie środowiska w pełnym cyklu życia obiektu można podzielić na kilka etapów, przy czym różne jest nasilenie tych oddziaływań w poszczególnych stadiach jego istnienia. Analiza relacji obiekt – środowisko naturalne pozwala wyróżnić cztery zasadnicze etapy wpływu związane z następującymi procesami: wydobywaniem surowców i produkcją materiałów, budową obiektu, eksploatacją obiektu oraz jego rozbiórką.

Obiekty budowlane powinny zatem: wykazywać się odpowiednią trwałością, oddziaływać na środowisko w sposób nieszkodliwy, być ekonomiczne w zużyciu materiałów i energii, uwzględniać konsekwencje awarii z punktu widzenia życia i zdrowia ludzkiego [1]. Obecnie produkowane materiały i opracowywane technologie budowlane oparte są na nowoczesnych osiągnięciach chemii i technologii. Często stanowią one zagrożenie dla zdrowia człowieka i równowagi środowiska.

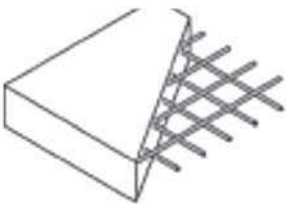
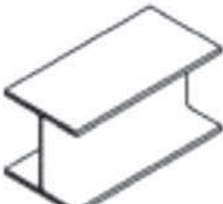
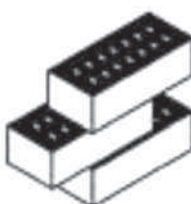

Wznoszenie obiektu budowlanego jest materiało- i energochłonne. Już początek cyklu istnienia obiektu wiąże się z zagrożeniem dla środowiska przez przemysł wydobywczy i przemysł materiałów budowlanych. Każdy z procesów składających się na produkcję materiałów budowlanych, od ekstrakcji

surowców i przetworzenia po przygotowanie i zastosowanie wymaga także energii przeznaczonej na transport i budowę. Realizacja procesów wydobywczych i produkcyjnych pochłania energię produkowaną w przeważającej ilości z surowców nieodnawialnych. Przy zastosowaniu dotychczasowych technologii budowlanych, w okresie eksploatacji obiektu, potrzebna jest przede wszystkim energia do ogrzewania obiektu przez 50–80 sezonów grzewczych. W wyniku eksploatacji obiektu powstają odpady stałe, ciekłe i gazowe. Cykl istnienia zamyka rozbiórka obiektu i gromadzenie lub utylizacja odpadów. Również w trakcie tego cyklu występuje zapotrzebowanie na energię i teren do składowania nieprzetworzonych pozostałości po obiekcie. Niektóre z materiałów budowlanych można ponownie zastosować lub przetworzyć.

Poszczególne etapy cyklu istnienia budynku charakteryzują się różnicowanym zapotrzebowaniem na energię, które zależy od wielu czynników, np. stosowanych rozwiązań materiałowych i konstrukcyjnych, rodzaju obiektu, systemu grzewczego i jego sprawności.

Szacuje się, że zużycie energii na etapie wznoszenia obiektu w Polsce wynosi około 10%, na etapie użytkowania (przy realizacji wg obecnie obowiązujących standardów) – około 72%, na potrzeby remontów – około 15% oraz do rozbiórki obiektu – od 1 do 3%

Tabela 1. Zawartość CO₂ w materiałach budowlanych

BETON	STAL	WYROBY CERAMICZNE	DREWNO
			
385 kg CO ₂ /m ³	12 200 kg CO ₂ /m ³	375 kg CO ₂ /m ³	- 900 kg CO ₂ /m ³

ogólnego, skumulowanego zapotrzebowania na energię w odniesieniu do cyklu istnienia obiektu [2]. W Wielkiej Brytanii szacuje się, że sama produkcja materiałów budowlanych jest odpowiedzialna za około jedną dziesiątą zużycia energii i emisji dwutlenku węgla [3]. Środowiskowy wpływ budynku wyznaczany jest na podstawie wpływów, które wynikają z jego codziennego użytkowania, produkcji i transportu materiałów budowlanych i komponentów. Możemy ocenić wpływ konkretnych materiałów budowlanych i rozwiązań projektowych i realizacyjnych na środowisko naturalne.

3. Pomiar wpływu środowiskowego materiałów budowlanych

W trakcie wyboru materiałów budowlanych należy wziąć pod uwagę szereg czynników, jednak nie ma absolutnych reguł, które znajdują zastosowanie w każdym wypadku, z uwagi na fakt unikalności budynków i lokalnych czynników środowiskowych. Podejmując się zadania wyboru materiałów należy także podjąć decyzję w jaki sposób powinien być oszacowany wpływ środowiskowy. Można wziąć pod uwagę zarówno czynniki będące rezultatem właściwości materiału, jak i czynniki wynikające z procesów powstawania materiału budowlanego i jego zastosowania na budowie.

Czynniki określone przez właściwości materiału to na przykład:

energia potrzebna do produkcji materiału, emisja CO₂ będąca wynikiem produkcji materiału, wpływ na środowisko będący wynikiem wydobycia surowców (na przykład odkrywki i hałdy kopalń, wycięta powierzchnia leśna, zanieczyszczenie środowiska przez przemysł wydobywczy surowców energetycznych), toksyczność materiału, transport materiału podczas jego produkcji i dostawy na budowę, stopień zanieczyszczenia będący wynikiem utylizacji materiału przy końcu jego okresu użytkowania. Czynniki kształtowane przez wybór materiałów budowlanych i decyzje projektowe to:

- możliwość pozyskania materiału lokalnie;
- trwałość materiału;
- cechy materiału budowlanego zmniejszające wpływ budynku na środowisko (na przykład współczynnik przewodności cieplnej);
- sposób zastosowania materiału budowlanego najlepiej odpowiadający jego właściwościom;
- wielkość nakładów niezbędnych do konserwacji materiału budowlanego i surowce konieczne do utrzymania jego trwałości;
- elastyczność projektu umożliwiająca zarządzanie sposobem użytkowania;
- cykl życia materiału i jego potencjał dla ponownego użycia po rozbiorce budynku.

Autorzy opracowania *Green Building Handbook* proponują następujące aspekty dla porównywania środowiskowego wpływu mate-

riałów, używanych w późniejszym zestawieniu kontrolnym [4]. Do środowiskowych wpływów wynikających z produkcji materiału zaliczają się: zużycie energii; wyczerpanie surowca, efekt cieplarniany, opady kwaśnego deszczu, emisja toksycznych substancji. Środowiskowy wpływ w wyniku użytkowania obejmuje zagrożenie dla zdrowia oraz potencjał dla recyklingu.

Niezbędne jest zatem ustalenie standardów wpływów na środowisko naturalne w Polsce. Być może, najważniejszą pojedynczą miarą środowiskowego wpływu wyrobu jest pojęcie „energii pierwotnej”, czyli ilości energii potrzebnej do produkcji wyrobu. Możemy odnieść się do energii pierwotnej cegły, okna albo całego domu. Energia pierwotna jest ważną miarą, ponieważ ocenia zużycie energii produkowanej najczęściej z nieodnawialnych źródeł, a jest to jeden z głównych powodów degradacji środowiska. Degradacja jest zarówno wynikiem bezpośredniej emisji szkodliwych substancji do atmosfery (głównie CO₂), jak i skumulowanych emisji substancji do atmosfery, które wspólnie tworzą np. kwaśny deszcz. Możemy być również pewni, że inne mają miejsce efekty, które, jak dotąd, pozostają nierozpoznane. Tabela 1 zawiera wartość emisji CO₂ dla popularnych materiałów budowlanych [5].

Pojęcie „pierwotnych emisji” jest podobne do energii pierwotnej i odnosi się do emisji skojarzonej

z produkcją wyrobu budowlanego, na przykład elektryczność zużyta do produkcji okna zespolonego wiąże się z emisją CO₂ i jest bezpośrednio skojarzona z tym oknem. W dodatku, produkcja materiałów, szczególnie ta wymagająca przetwórstwa chemicznego, może zakończyć się emisją substancji toksycznych.

W celu dokładnego obliczenia wartości emisji pierwotnej muszą być znane typy surowców energetycznych używanych w każdym procesie produkcyjnym, gdyż każde paliwo daje inną emisję szkodliwych substancji. Istnieje kilka różnych metod obliczenia energii pierwotnej, czego rezultatem jest zakres wartości opracowanych dla podobnych materiałów. Opublikowane dane powinny być potraktowane z ostrożnością, jeżeli nie podano wyraźnie sposobu obliczeń poszczególnych wartości.

4. Pomiar energii pierwotnej

Energia może być wymierzona jako energia końcowa lub energia pierwotna. Zanim przystąpimy do porównywania wartości energii poszczególnych materiałów budowlanych lub typoszeregów budynków, pierwszym rozstrzygnięciem powinien być sposób pomiaru energii. Dostarczona energia odnosi się do faktycznej ilości energii dostarczonej do użycia do poszczególnego miejsca wydobycia, produkcji i budowy w ilości wykazanej w rachunku za energię. Energia pierwotna odnosi się do ilości energii użytej do produkcji energii w dostarczonej ilości. Dla przykładu, energia węgla kamiennego spalonego w elektrowni, w celu wytworzenia elektryczności. Zawartość energii gazu spalonego będzie większa niż zawartość energii elektryczności generowanej, z uwagi na fakt, że sprawność generatora nigdy nie osiągnie 100%. Także proces dostarczenia elektryczności z elektrowni do konsumenta nie jest w pełni skuteczny. Wszystkie

te nieefektywności oznaczają, że każdej jednostce elektryczności dostarczonej do konsumenta odpowiada większa ilość energii pierwotnej zużytej w jej stworzeniu.

W Wielkiej Brytanii stosunek między energią pierwotną i dostarczoną energią jest największy dla elektryczności: z grubsza trzy jednostki energii pierwotnej są używane, aby wyprodukować jedną jednostkę dostarczonej elektryczności. Dla ropy naftowej i gazu używanego w domu stosunki są zbliżone do jednego [7].

Wartości energii pierwotnej są często cytowane bez podawania sposobu jej obliczenia, na podstawie energii pierwotnej lub energii dostarczonej. W przypadku niepewności przy zacytowanych wartościach energii pierwotnej najlepiej porównać wartości emisji pierwotnych jako, że należy wziąć pod uwagę zbiór podstawowych paliw używanych przy produkcji wyrobów. Zapotrzebowanie na energię elektryczną w Polsce wzrasta, a starzejące się bloki wytwórcze, obniżają poziom bezpieczeństwa energetycznego. Trwające inwestycje nie gwarantują, że w niedalekiej przyszłości popyt na energię elektryczną zostanie zrównoważony jej podażą. Elektrownie muszą dostosować się do unijnych regulacji prawnych w zakresie ochrony środowiska. Konieczność wyłączenia starych, nieefektywnych i wysoce zanieczyszczających źródeł rodzi więc realne zagrożenia. Uzależnienie energetyczne od węgla oraz uzależnienie dostaw gazu i ropy naftowej z Rosji stwarza konieczność dywersyfikacji źródeł wytwarzania energii elektrycznej oraz zwiększenia bezpieczeństwa dostaw energii pierwotnej. Musimy także wyznaczyć poziom od jakiego śledzić będziemy wejścia strumienia energii. Na przykład, rozważając energię pierwotną stali w oprawie okiennej (mierząc tylko wejściową energię użytą w fabryce okien) wartości będą różnić się od obliczeń, które zawie-

rać będą także wartość energii użytej w hucie oraz energii użytej w kopalni rudy żelaza. Należy prześledzić wszystkie stadia, w których energia jest w jakiegokolwiek formie używana. Będziemy znać jej dokładną wartość jeśli rozważymy energię użytą do wydobycia surowców, przewozu do zakładów przetwórczych, energię użytą w fabrykach, podczas transportu na budowę i energię użytą na miejscu zastosowania wyrobu budowlanego. Do obliczeń należy wprowadzić również wartości związane z recyklingiem po rozbiórce obiektu.

4.1. Recykling i energia pierwotna

Dla osiągnięcia celu jakim jest niska energochłonność budynku, w większości wypadków renowacja budynków bywa najbardziej preferowaną opcją, pod warunkiem, że stan techniczny konstrukcji budynku będzie pozwalać na jej zaadaptowanie bez modyfikacji i przebudowy. Renowacja jest zasadniczo recyklingiem budynku. Recykling musi charakteryzować uważne podejście do środowiskowych wpływów budynku. Adaptacja budynku ma swój środowiskowy sens jeśli „zwrócenie do obiegu” budynku może być przeprowadzone łatwo; oraz nie wymaga dużych wejść strumienia energii, oraz wiązać się będzie z dodatkową izolacją termiczną budynku.

4.2. Przetwarzanie materiałów budowlanych i energia pierwotna

Im większa liczba procesów jakim poddawany jest wyrób budowlany, tym wyższa będzie zawartość energii pierwotnej i ilość odpadów. Niektóre materiały, takie jak stal lub szkło wymagają dostarczenia bardzo wielkiej ilości energii do ich produkcji. W granicach rozsądku powinno się dążyć do wyboru materiałów i komponentów, które są jak najbliższe swojej naturalnej postaci. Energooszczędne okno z ramą z miękkich gatunków drewna będzie bardziej pożądane od podobnego okna z ramą alumi-

niową. Podobnie, farby organiczne lub oparte na wodzie, szczególnie jeżeli zawierają dodatkowo naturalne pigmenty lub woski będą lepszym wyborem od syntetycznych farb wymagających skomplikowanej produkcji.

4.3. Energia pierwotna w transporcie

Transport jest jednym z często pomijanych czynników kształtujących strumień energii pierwotnej. Im dłuższe będą odległości jakie materiał musi pokonać tym większa będzie energia przeznaczona na transport. Waga materiału ma także znaczenie. Powszechnie są sytuacje, kiedy materiał naturalny, na przykład granit, pokonuje olbrzymie odległości do miejsca, gdzie podlega obróbce, po czym znowu jest transportowany, tym razem do kraju, gdzie podlega sprzedaży. Ten rodzaj informacji nie jest zawsze swobodnie dostępny. Środowiskowy wpływ transportu powinien być przeanalizowany w kontekście trwałości materiału budowlanego. W wielu sytuacjach, importowany materiał budowlany może być trwalszy, przez co będzie bardziej pożądanym od miejscowego.

4.4. Czas i energia pierwotna

Studia prowadzone w Nowej Zelandii sugerują, że ilość energii użytkowej w typowym, nie-nisko-energetycznym budynku mieszkalnym, przewidzianym na użytkowanie przez 50 lat, równa się w przybliżeniu czterokrotności energii przeznaczonej na jego wzniesienie [11]. Taki rodzaj bezpośredniego porównania między energią użytkową i energią pierwotną nie jest do końca miarodajny, gdyż nie jesteśmy w stanie przewidzieć wszystkich czynników. Rozważając energię pierwotną budynku, potrzebujemy wziąć pod uwagę oczekiwany czas użytkowania, nakłady na konserwację różnych elementów budynku oraz jego stan pod koniec okresu użytkowania. Poprzez podejście na zasadach „cradle to grave” możemy przepro-

Tabela 2. Zawartość energii pierwotnej w materiałach budowlanych [7]

	GESTOŚĆ MATERIAŁU (kg m ⁻³)	WARTOŚCI DOLNE EP		WARTOŚCI GÓRNE EP	
		GJ ton ⁻¹	GJ m ⁻³	GJ ton ⁻¹	GJ m ⁻³
KRUSZYWA	1500	0,030	0,05	0,12	0,93
CEMENT	1500	4,3	6,5	7,8	11,7
CEGŁA	~1700	1,0	1,7	9,4	16,0
DREWNO	~500	0,52	0,26	7,1	3,6
SZKŁO	2600	13,0	34,0	31,0	81,0
STAL	7800	24,0	190,0	9,0	460,0
GIPS	~1200	1,1	1,3	6,7	8,0

GJ, 1 GJ = 278 kWh.

wadzić analizę cyklu życia budynku. Im dłuższy będzie „cykl życia budynku”, tym procentowo niższy będzie wpływ energii i zanieczyszczeń będący wynikiem produkcji materiałów.

5. Energia pierwotna i materiały najczęściej używane w budynkach

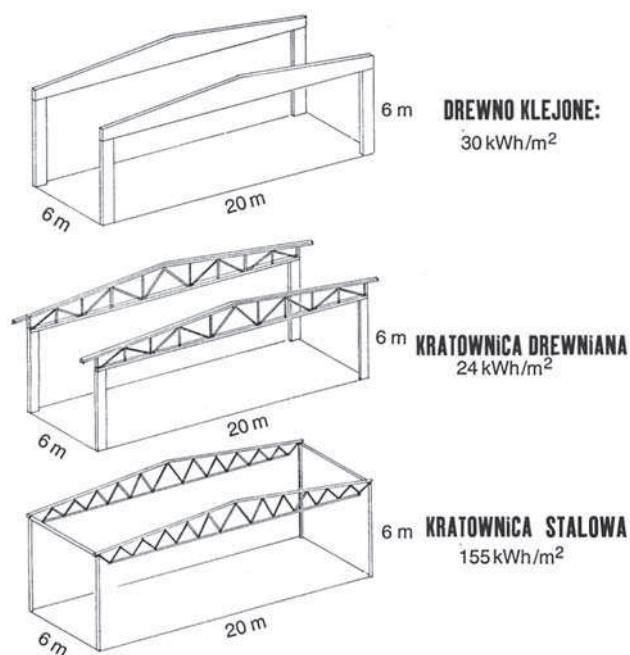
Obecnie nie jest łatwo dotrzeć do dokładnych, certyfikowanych wartości energii pierwotnej zawartej w materiałach budowlanych. Powszechnie nie zwraca się uwagi na problem energochłonności materiałów budowlanych, gdyż inwestorzy podejmują decyzje głównie w kontekście ograniczonych budżetów. W Polsce informacje na ten temat można znaleźć w wydawnictwach ITB [6]. W Wielkiej Brytanii Building Research Establishment (BRE) na swojej witrynie www.bre.co.uk regularnie publikuje opracowania dotyczące analizy cyklu życia (LCA) i zestawienia energii pierwotnej.

Tabela 2 ilustruje zakres opublikowanych wartości, wskazujących duże rozbieżności w danych, w zależności, czy określają one energię pierwotną, czy energię końcową. Badania wykazały, że dla większości typów zabudowy następujące materiały: stal, cement, drewno, materiały ceramiczne, kruszywa naturalne, szkło i gips generują w znaczącym stopniu energię pierwotną budynku. To właśnie, te materiały odpowiadają też w znacznej mierze za kubaturę i masę większości budynków. Projektant może zasadniczo zdecydować o pozio-

mie energii pierwotnej budynku poprzez specyfikację materiałów budowlanych. Wybierając materiały miejscowe zmniejsza się energię pierwotną i emisje z powodu ograniczonego transportu. Wartości przedstawione w tabeli 2, wśród innych czynników, zawierają także wpływy transportu. W typowym domu ze ścianami zbudowanymi z bloczków betonowych i cegły, z drewnianą więźbą i podłogami drewnianymi, te trzy materiały generują około 50% energii pierwotnej. Materiały wykończeniowe, suche tynki lub poszycie drewnianej konstrukcji szkieletowej mogą też mieć znaczący wpływ na ostateczny strumień energii pierwotnej. Początkowe zużycie energii pierwotnej zależy od typu budynku, użytych materiałów i ich źródła (dane dotyczące konkretnego materiału budowlanego w jednym kraju mogą różnić się znacząco od tego samego materiału wyprodukowanego w innym kraju). Zużycie energii pierwotnej w pełnym cyklu życia budynku związane jest z trwałością materiałów budowlanych, komponentów i systemów zainstalowanych w budynku, sposobem utrzymania i użytkowania budynku. W przypadku budynków pasywnych lub zero-energetycznych możemy wyraźnie zauważyć wzrost zużycia energii pierwotnej przeznaczonej na budowę.

6. Materiały budowlane i energia używana przez różne systemy konstrukcyjne

Każdy system konstrukcyjny wiąże się z określonym zużyciem mate-



Porównanie zużycia energii pierwotnej w różnych systemach konstrukcyjnych wykonanych z różnych materiałów [5]

riatu, zależnym od jego parametrów wytrzymałościowych. Lite struktury z cegły i betonu charakteryzują się dużym zużyciem materiału, podczas gdy szkieletowe konstrukcje z drewna lub stali są zwykle bardziej ekonomiczne. Każdy wyrób budowlany, w zależności od sposobu zastosowania, może mieć rozmaite strukturalne rozwiązania wymagające różnych ilości materiału.

Ważnym aspektem konstrukcji charakteryzujących się ekonomicznym zużyciem materiału jest fakt, że ich wykonanie jest często bardziej pracochłonne od prostych

struktur. Koszt produkcji drewnianego dźwigara kratowego z wieloma połączeniami jest dużo większy niż wyprodukowanie równoważnego dźwigara z klejonego warstwowo drewna, nawet jeżeli zużycie z materiału jest dwadzieścia razy mniejsze. W trakcie rozważań ekonomicznych i ekologicznych należy wtedy oszacować koszt transportu w zestawieniu z dużym zużyciem surowców i ewentualną możliwością montażu na budowie. Zużycie energii pierwotnej podczas produkcji materiałów strukturalnych jest zależne od ilości i cech materiału użytego w produkcji. Badania

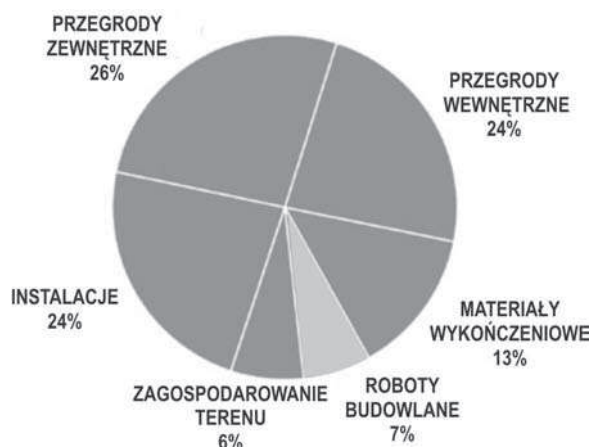
norweskiego Norsk Treteknisk Institutt pokazują, że pod względem nakładów energetycznych dźwigar kratowy z drewna wypada najlepiej w porównaniu z dźwigarem z drewna klejonego i kratownicą stalową [5].

Badania [8] wykonane na podstawie modelu typowego trzypiętrowego budynku biurowego z garażem podziemnym obejmowały trzy różne systemy konstrukcyjne (drewno, stal i żelazobeton) i dały następujące średnie wyniki dla przeciętnej całkowitej początkowej wcielonej energii.

Obudowa budynku, konstrukcja i instalacje odpowiadają za około trzy czwarte całkowitej energii pierwotnej. Wykończenie budynku reprezentuje tylko 13% energii początkowej, jednak w pełnym cyklu użytkowania budynku możemy spodziewać się dużego wzrostu zużycia nieodnawialnej energii przeznaczonej na utrzymanie, konserwację, naprawę lub zastąpienie materiałów, komponentów lub systemów budowlanych. Energia pierwotna nie musi być znacząco różna pomiędzy systemami budowlanymi (na przykład przy rozważaniu konstrukcji stalowej i betonowej), jednak środowiskowe wpływy skojarzone z poszczególnymi materiałami mogą być dramatycznie różne.

Budynek składa się z kilku równolegle funkcjonujących systemów: wyposażenia wnętrza, podziału przestrzennego pomieszczeń, instalacji technicznych, konstrukcji (struktury), obudowy i zagospodarowania działki [12].

Struktura budynku, w zależności od przeznaczenia budynku ma z reguły trwałość 30–50 lat. Podział przestrzenny pomieszczeń, instalacje techniczne oraz obudowa mają dużo mniejszą trwałość i muszą być odnawiane w krótszych odstępach czasu. W nowoczesnych budynkach wspomniane wyżej „warstwy systemowe” projektowane są często jako pojedyncza struktura. Na pierwszy rzut oka, może się to wydawać efektywną



Zużycie energii w trakcie budowy [8]



Częstotliwość zmian warstw systemowych budynku [12]

strategią, jednak systemy długoterminowe mogą zablokować krótkoterminowe. W wyniku szybszej degradacji niektórych warstw systemowych, wymagana jest wtedy ingerencja w systemy podlegające dłuższemu cyklowi. To tłumaczy, dlaczego powszechną praktyką jest rozbiórka budynków, gdzie instalacje są trudne do utrzymania, gdyż są zintegrowane ze strukturą budynku.

Również podział przestrzenny pomieszczeń może być tak wyspecjalizowany i nieelastyczny, że skraca znacząco okres użytkowania budynku. Średni czas użytkowania nowoczesnych biurów w centrum Tokio wynosi tylko 17 lat [12]. Poszczególne systemy techniczne budynku powinny być rozdzielone. Dlatego w projektowaniu należy szukać rozwiązań zapewniających łatwy dostęp do poszczególnych systemów. Powinny one być technicznie rozdzielone. To jest także podstawowy warunek dla skutecznego recyklingu zarówno dla całych budynków, jak i pojedynczych wyrobów oraz komponentów budowlanych.

7. Porównanie materiałów budowlanych

Opublikowane dane [9] dotyczące energii pierwotnej zwykle odnoszą się do indywidualnych materiałów, na przykład cegły, betonu, drewna albo szkła. To dane użyteczne podczas podejmowania strategicznych decyzji odno-

śnie projektu budynku, np. wybór pomiędzy konstrukcją lekkiego szkieletu drewnianego lub murem z bloczków betonowych. Wartość energii pierwotnej zwykle jest podawana odnośnie jednostki ciężaru lub objętości materiału budowlanego użytego w projekcie budynku. Podejście na zasadach „cradle to grave” i analiza cyklu życia powinny stać się ważnym odniesieniem dla projektowania. Musimy mieć także świadomość, że wybór materiału należy skoordynować z innymi rozwiązaniami energooszczędnymi (np. zjawiska akumulacji ciepła, zastosowania wentylacji mechanicznej z rekuperatorem, ogrzewania solarne). Pewne materiały, takie jak tworzywa sztuczne albo metale, mają bardzo dużą zawartość energii pierwotnej, jednak używane w małych ilościach, mogą mieć korzystny wpływ na całość budynku pod postacią kompozytowego wyrobu budowlanego, np. dźwigara z drewna klejonego, gdzie zwiększenie rozpiętości materiału osiągnięte jest dzięki tworzywom sztucznym. Prawidłowo zaprojektowany detal architektoniczny, eleganckie połączenie różnych materiałów może przełożyć się zarówno na zwiększoną trwałość wyrobu, jak i ułatwić recykling zastosowanych materiałów.

Materiały syntetyczne, drewno i metale to materiały, wokół których toczy się najwięcej dyskusji na temat ich wpływu na środowisko naturalne.

7.1. Materiały budowlane z tworzyw sztucznych

Tworzywa sztuczne to materiały oparte na polimerach syntetycznych, ich energia pierwotna jest niezwykle wysoka. Tworzywa syntetyczne oparte są najczęściej na związkach będących pochodnymi odpadów po rafinacji ropy naftowej. Możemy więc podkreślić fakt, że ich produkcja stanowi swego rodzaju recykling. Z drugiej strony, przemysł chemiczny zaangażowany w produkcję materiałów syntetycznych odpowiedzialny jest za wielką skalę emisji do środowiska naturalnego CO₂ i ponad połowy emisji związków toksycznych. Eksploatacja i utylizacja tworzyw sztucznych wiąże się z emisją gazów do atmosfery. Związki te zwane są VOCs (*Volatile Organic Compounds*) i wdychane przez ludzi mogą być szkodliwe nawet w najmniejszych ilościach. Posadzki z tworzyw sztucznych, dywany i nowoczesne farby, oparte są zwłaszcza na ropie naftowej. Farby zawierają duże ilości potencjalnie toksycznych i kancerogennych substancji. Szkodliwy wpływ VOCs zaczyna się wkrótce po instalacji. Na temat dopuszczalności stosowania i celowości stosowania materiałów z tworzyw sztucznych wciąż toczy się debata. Zdaniem wielu ekspertów należy unikać stosowania materiałów z tej grupy [7]. Najlepiej, aby uniknąć stosowania polichlorku winylu. Wyroby z PVC niezwykle trudno zutylizować i zwrócić do obiegu.

7.2. Metale w budownictwie

Metale to kolejna grupa materiałów o wysokiej zawartości energii pierwotnej. Energochłonny proces produkcyjny degraduje środowisko naturalne znaczną ilością odpadów. Spory procent metali poddawanych jest recyklingowi z powodu wysokiej ceny metali. Proces ten naturalnie nie odbywa się bez swojego własnego szkodliwego wpływu środowiskowego; wytopienie metali wymaga dostarczenia wielkiej ilości energii, ze związków

chloru wykorzystywanych w obróbce metali, powstają wysoko toksyczne dioksyny. Aż do czasu kiedy produkcja metali zorganizowana zostanie w sposób bardziej przyjazny dla środowiska, na przykład poprzez użycie na dużą skalę energii z odnawialnych źródeł, najlepszą strategią jest ograniczenie stosowania metali w budownictwie [7]. Metale powinny być używane w małych ilościach albo dla szczególnych celów, na przykład dla łączenia i zamocowania innych materiałów. Stal nierdzewna i aluminium mają wysoki potencjał dla recyklingu, ale ich produkcja ma wysoce negatywny środowiskowy wpływ. Ekstensywne użycie materiałów opartych na metalach w budownictwie nie może być uważane za ekologiczne. Należy unikać szczególnie ołowiu, głównie z powodu jego toksycznej natury i skojarzonych zanieczyszczeń wynikających z procesu produkcyjnego. Z ołowiu wykonywane są płyty odpływowe, rury kanalizacyjne, arkusze ołowiane umieszczone w konstrukcji dużych budynków chronią przed wibracjami i hałasem. Materiały zawierające ołów, używane głównie są do krycia dachów – doskonale sprawdzają się jako element izolacyjny pomiędzy ścianami a pokryciem dachu albo przy połączeniach pomiędzy połaciami dachu. Jednak woda z ołowiem spływająca z dachów przenika potem do gruntów oraz używana jest do podlewania owoców albo warzyw absorbujących ołów w trakcie vegetacji. Związki ołowiu służą również do wyrobu farb antykorozyjnych i malarskich, pigmentów i zapraw (obecnie coraz rzadziej ze względu na szkodliwe własności tych związków). W trakcie utylizacji, po rozbiórce nie należy spalać odpadów pomalowanych farbami ołowowymi. Ponadto należy bezwzględnie unikać wdychania jego oparów i gryzącego dymu.

7.3. Drewno w budownictwie

Drewno to materiał, który jest ogólnie uważany za materiał mają-

cy wysokie środowiskowe noty. Po pierwsze drewno jest zasobem odnawialnym, po drugie, jego produkcja, czyli vegetacja lasów zmniejsza ilość CO₂ w atmosferze. Drewno łatwo poddać recyklingowi albo użyć jako surowca energetycznego. Istnieją jednak, potencjalne wady drewna wynikające z jego transportu, na przykład przy imporcie drewna i tarcicy gatunkowej z Rosji i Ukrainy. Inny problem to sposób uprawy i vegetacji drzew w lasach. Najpopularniejsze miękkie gatunki drewna pochodzą z lasów obsadzanych tylko kilkoma gatunkami drzew, o małym potencjale bio-rozmaitości. W przypadku importowanego nieeuropejskiego twardego drewna istnieje wysokie prawdopodobieństwo, że pochodzi z tropikalnych lasów deszczowych. W procesie produkcji drewna budowlanego powinno być wykorzystywane wyłącznie drewno pochodzące z przecinki, wysokiej jakości drewno odpadowe z tartaków oraz odpowiednie drewno recyklingowe. W Wielkiej Brytanii „Forestry Stewardship Council” wydaje odpowiednie zaświadczenia, że drewno produkowane jest i pozyskiwane z lasów na sposób zgodny ze zrównoważonym rozwojem. Posiada je tylko kilka procent drewna dostępnego na rynku [10]. Przy zamawianiu drewna na budowę należy rozważyć dostępność lokalnego drewna. Preferowane powinny być dostawy i wykorzystanie drewna z najbliższego sąsiedztwa, co pozwala uniknąć długotrwałych transportów. Polskie lasy i tartaki mogą dostarczyć bardzo dobre jakościowo drewno, odpowiednie dla konstrukcji nośnej każdego budynku. Jeżeli konieczne jest zastosowanie importowanego drewna należy rozważyć drewno ze Skandynawii, z uwagi na małą odległość oraz dobrą renomę ekologiczną skandynawskich lasów.

Drewno, to właściwy wybór w aspekcie zasad zrównoważonego rozwoju, wymaga jednak impregnacji. Jeżeli ma być użyte

zewnątrznie, odpowiednie detalowanie architektoniczne i prawidłowe wykonawstwo musi zapobiec jego gniciu. Należy dobrać najbardziej prawidłowy dla danej sytuacji „gatunek drewna”. Szczególnie miękkie gatunki drewna nie są odpowiednie do użytku zewnętrznego. Twarde drewno może być stosowane zewnętrze przy prawidłowych rozwiązaniach projektowych. Należy szczególnie upewnić się, że w przypadku ryzyka kontaktu z wilgocią woda szybko odcieknie i drewno jest dobrze przewietrzane. Należy sprawdzić trwałość jakiegokolwiek zewnętrznego drewna przed zastosowaniem. Dąb i modrzew, na przykład, to trwałe zewnętrzne gatunki drewna, podczas gdy dużo miękkich gatunków nie może być używanych zewnętrze. Z reguły najwłaściwsze materiały są dostępne lokalnie i wymagają minimum przetworzenia.

Aktualnie, pozyskanie drewna dobrej jakości nie nastręcza problemów, jednak powszechnie używane substancje zapobiegające szkodnikom, gniciu i ogniochronne są wysoko toksyczne i powinny być unikane, jeśli mamy zamiar wybudować ekologiczny budynek.

8. Podsumowanie

Dotychczasowe podejście uczestników procesu budowlanego jest oparte na strategii zaspokajania doraźnych potrzeb. W większości przypadków głównym celem jest wzniesienie obiektu przy możliwie niskich nakładach inwestycyjnych. Wpływ wybranych rozwiązań konstrukcyjnych i materiałowych na środowisko nie jest z reguły brany pod uwagę.

Ponadto, realizacja obiektu bez oceny jego wpływu na środowisko naturalne w pełnym cyklu życia jest nadal dopuszczalna przepisami prawa. W najbliższym czasie również w Polsce konieczna będzie zmiana tego podejścia, gdyż jest ono sprzeczne z już wprowadzonymi w UE rozwiązaniami praw-

nymi opartymi na metodzie LCA. Oficjalnie wydawane w wielu krajach specyfikacje zawierają wykaz preferowanych materiałów budowlanych przeznaczonych do wznoszenia budynków o różnych funkcjach. Rozwija się również system certyfikacji budynków, zarówno w kontekście energochłonności, jak i dobranych materiałów budowlanych.

Dom przyszłości to dom niskoenergetyczny w całym cyklu istnienia obiektu. W okresie jego istnienia zapotrzebowanie na surowce oraz inne oddziaływania na środowisko powinny być utrzymane na racjonalnie niskim poziomie. Taki dom powinien być w okresie użytkowania niezależny od nieodnawialnych naturalnych surowców energetycznych. Rezygnacja z paliw ze źródeł nieodnawialnych na rzecz energii z surowców ze źródeł odnawialnych, w tym ciągle jeszcze niedocenianej bezpłatnej energii słonecznej i wiatrowej, to istotny kierunek rozwoju budownictwa zharmonizowanego.

Dotychczas obowiązujące prawo budowlane wraz z przepisami wykonawczymi obligują do tego, aby zapotrzebowanie na energię w czasie użytkowania obiektu było utrzymane na racjonalnie niskim poziomie. Krokiem naprzód w naszym kraju jest wprowadzenie obowiązku oceny energetycznej budynku. Świadectwo jest dokumentem określającym wielkość energii, wyrażoną w kWh/m²/rok, niezbędnej do zaspokojenia różnych potrzeb związanych z użytkowaniem budynku. Wprowadzenie certyfikatów powinno pobudzić ekologiczne myślenie projektantów i inwestorów za pomocą instrumentu ekonomicznego. Osobną kwestią jest zwiększenie ekologicznej świadomości oraz kompetencji urzędników zatrudnionych w organach administracji architektoniczno-budowlanej.

Wprowadzenie oceny wyrobu za pomocą „ekokosztu” może w jeszcze większym stopniu zrewolucjonizować nasze podejście do wyrobów budowlanych. Koszt ekolo-

giczny wyrobu budowlanego stanie się w niedalekiej przyszłości jednym z ważnych kryteriów oceny energetyczno-ekologicznej obiektu budowlanego, narzędziem umożliwiającym optymalizację rozwiązań projektowanych z uwzględnieniem długofalowej analizy wpływu budynku na środowisko naturalne. Znajomość wyników wielokierunkowej analizy wpływu obiektu na środowisko, przy jednoczesnym porównaniu skutków zastosowań różnych rozwiązań, pozwoli znaleźć odpowiedź na pytanie, który z wariantów realizacji obiektu, w tym doboru materiałów budowlanych, najmniej ingeruje w środowisko naturalne w czasie pełnego cyklu życia obiektu.

Całkowite skumulowane zużycie energii paliw w ciągu pełnego cyklu życia obiektu jest sumą skumulowanego zużycia energii w fazie wznoszenia, skumulowanego zużycia nośników energii bezpośredniej podczas użytkowania (przez użytkowników i do wykonywania czynności związanych z obsługą obiektu), skumulowanego zużycia energii niezbędnej do wykonania zabiegów naprawczych (remontów bieżących lub kapitalnych) i skumulowanego zużycia energii niezbędnej do likwidacji obiektu (rozbiórki obiektu po zakończeniu okresu eksploatacji, transportu odpadów na wysypisko śmieci) oraz ewentualnego zagospodarowania odpadów pochodzących z rozbiórki, np. przetworzenia do ponownego wykorzystania na drodze recyklingu.

Charakterystyka energetyczno-ekologiczna wyrobów budowlanych zawiera dane dotyczące oddziaływania na efekt cieplarniany, uszczuplenie warstwy ozonowej, efekt zakwaszenia, eutrofizację, ekotoksyczność, zużycie surowców mineralnych, zużycie energii pierwotnej, zużycie wody oraz smog fotochemiczny. Badaniu podlega także emisja do wody i atmosfery niebezpiecznych dla człowieka substancji oraz energia pierwotna przeznaczona na trans-

port. Tego typu dane, w niedalekiej przyszłości będą podstawą do powstania systemu deklaracji środowiskowych. Informacja o wpływie wyrobu na środowisko ma pobudzać producenta do podejmowania działań sprzyjających zmniejszeniu stopnia uciążliwości wyrobu lub jego wyeliminowania z obrotu. Deklaracja środowiskowa może również ułatwić wybór materiałów, technologii oraz stymulować producentów do działań w celu poprawy wskaźników z zakresu ekologii. Dyskusja związana z ekologią, energochłonnością produkcji energii oraz energooszczędnością budynków zyskuje coraz bardziej na aktualności, także deklaracja środowiskowa może zatem być jednocześnie kolejnym sposobem promocji wyrobu budowlanego.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Runkiewicz L., Wykonywanie obiektów budowlanych zgodnie z zasadami rozwoju zrównoważonego, ITB 2010
- [2] Górzyński J., Obciążenia środowiska w produkcji wyrobów budowlanych. Prace naukowe ITB, Warszawa 2004
- [3] Anink D., Boonstra C., Mak J. Handbook of Sustainable Building, An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment, London 1996
- [4] Woolley T., Kimmins S., Harrison P., Harrison R., Green Building Handbook, Green Building Digest 1997
- [5] Berge B., The Ecology of Building Materials, Oxford Architectural Press 2001
- [6] Górzyński J., Obciążenia środowiska w produkcji wyrobów budowlanych. Prace naukowe ITB, Warszawa 2004
- [7] Green Guide to Specification; 2010 BRE
- [8] Kopietz-Unger J., Założenia planowania przestrzennego na rzecz ochrony klimatu i oszczędności energii. Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra 2010
- [9] Cole R. J. and Kernan P. C., Life-Cycle Energy Use in Office Buildings, Building and Environment, 1996, Vol. 31, No. 4.
- [10] West J., Atkinson C., Howard N., In: Proceedings of the first international conference of buildings and environment, CIB, 16–20 May 1994
- [11] Sarté B., Sustainable Infrastructure The Guide to Green Engineering and Design, Oxford
- [12] Williamson A. G., Energy Efficiency in Domestic Buildings, a Literature Review and Commentary, Ministry of Commerce, New Zealand, 1997
- [13] Brand S., How Buildings Learn, Viking Penguin, New York 1994