

Potencjał zastosowania produktów organicznych w budownictwie

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

1. Wprowadzenie

Produkcja i przetwarzanie materiału budowlanego obciąża środowisko naturalne poprzez: wydobycie 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: wydobyciem surowców i produkcją materiałów, budową obiektu, eksploatacją obiektu, oraz jego rozbiórką.

2. Zużycie energii w procesie budowlanym

Produkcja i przetwarzanie materiału budowlanego obciąża środowisko naturalne poprzez: wydobycie i zużycie surowców nieenergetycznych i energetycznych, zużycie wody, emisję zanieczyszczeń, powstawanie odpadów stałych i ciekłych. Opublikowane dane dotyczące energii pierwotnej zwykle odnoszą się do indywidualnych materiałów, na przykład cegły, betonu,

drewna albo szkła. To dane użyteczne podczas podejmowania strategicznych decyzji odnośnie projektu budynku np. wybór pomiędzy konstrukcją lekkiego szkieletu drewnianego lub murowaniem 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 solarnego). 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 przetrwać się zarówno na zwiększoną trwałość wyrobu, jak i ułatwić może recykling zastosowanych materiałów. Wzrastające zainteresowanie niskoenergetycznymi, wysokosprawnymi i ekologicznymi rozwiązaniami budowlanymi w dalszym ciągu stymulować będzie wzrost tego segmentu rynku.

Tabela 1 ilustruje zakres opublikowanych wartości, wskazujące 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 decydować o poziomie energii pierwotnej budynku poprzez specyfikację materiałów budowlanych. Wybierając materiały miejscowe zmniejsza się energię pierwotną i emisję z powodu ograniczonego transportu. Wartości przedstawione w tabeli 1, pośród 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

Tabela. 1. Zawartość energii pierwotnej w materiałach budowlanych [6]

MATERIAŁ	MJ/kg	kWh/kg
Cement	5,2	1,4
Dachówka ceramiczna	10,1	2,8
Cegła ceramiczna	4,3	1,2
Beton	2,9	0,8
Miedź	69	19,2
Szkoło	20	5,6
Żelazo	24,6	6,8
Wapno	4,6	1,3
Wetna mineralna	21,4	5,9
Wetna skalna	18,1	5
Farby	79,1	22
Tworzywa sztuczne	80,5	22,4
Stal	31,3	8,7
Drewno budowlane	9,4	2,6
PVC	53,7	14,9
Linoleum	30,5	8,5

i użytkowania budynku. W przypadku budynków pasywnych lub zeroenergetycznych możemy wyraźnie zauważyć wzrost zużycia energii pierwotnej przeznaczonej na budowę.

3. Materiały budowlane pochodzenia organicznego

Organiczne pochodzenie surowców w materiałach budowlanych wyróżnia je na tle innych produktów, których produkcja oparta jest o tradycyjną ekstrakcję surowców i energochłonne procesy. Nowoczesna technologia produkcji jest w stanie wydobyć z naturalnych materiałów ich najlepsze cechy, zapewniając jednocześnie wytrzymałość, trwałość, odporność na czynniki atmosferyczne i korozję biologiczną oraz niskie nakłady związane z utrzymaniem

Architekci, projektanci, wykonawcy i inwestorzy wciąż odkrywają korzyści płynące z zastosowania produktów pochodzenia organicznego, jako materiałów budowlanych. Choć w dalszym ciągu kojarzyć się mogą z popularną „strzechą”, produkty te nie występują już w surowej postaci. Nowa generacja materiałów budowlanych wykorzystuje zdobycze

współczesnej technologii. Wśród zalet materiałów opartych na produktach organicznych wymienia się lekką wagę, trwałość, odporność na korozję, wysoką wytrzymałość i niskie nakłady na konserwację.

Podstawowym argumentem przemawiającym za stosowaniem tego rodzaju materiałów w budownictwie jest fakt, że są one surowcem odnawialnym. Surowce pozyskiwane na użytek przemysłu materiałów budowlanych pochodzą najczęściej z kopalni odkrywkowych odznaczających się dużym, negatywnym wpływem na środowisko naturalne. Surowce pochodzenia organicznego dzięki zastosowaniu nowoczesnej technologii stanowić mogą składnik wielu złożonych, kompozytowych materiałów budowlanych.

Surowce pochodzenia organicznego charakteryzują się również mniejszą zawartością energii pierwotnej i toksycznością. Z uwagi na fakt, że pozyskiwane są z upraw rolnych i leśnych, w trakcie wegetacji absorbują dwutlenek węgla. Także faza przetwarzania i produkcji, jako pełnowartościowych materiałów budowlanych wiąże się z mniejszym skomplikowaniem procesów i energochłonnością. Wśród innych pozytywnych aspektów środowiskowych

stosowania materiałów pochodzenia organicznego wymienia się możliwość recyklingu. Niskie nakłady energetyczne związane z przetwarzaniem dają możliwość ponownego zastosowania lub przetworzenia materiału. Częstym sposobem utylizacji jest użycie jako surowca przy produkcji energii (downcycling). Materiały pochodzenia organicznego ulegają także szybkiej i naturalnej biodegradacji.

Wskazuje się też inne, bardziej pragmatyczne korzyści płynące ze stosowania materiałów pochodzenia organicznego. Ich produkcja, przetwarzanie, stosowanie i utylizacja wiąże się po prostu z niskim kosztem ekonomicznym. W dobie powszechnego uświadomienia występowania problemów zdrowotnych wynikających z toksyczności otaczających nas substancji, zdrowe i bezpieczne materiały pochodzenia organicznego bardzo zyskują w oczach użytkowników.

Nowoczesne technologie pozwalają nam w pełni wykorzystać dobre właściwości fizyczne i mechaniczne tego rodzaju materiałów, czego efektem są często produkty nieustępujące parametrami innym, wiodącym materiałom budowlanym. Nie bez znaczenia jest także fakt, że stosowanie naturalnych surowców doskonale wpisuje się w aktualny globalny trend ekologicznego stylu życia oraz renesansu tradycyjnych materiałów podpartych nowoczesną techniką. Główne kategorie produktów pochodzenia organicznego to:

- bio-paliwa pochodzące z upraw roślin energetycznych (oleje, biodiesel, etanol)
- substancje chemiczne pochodzenia organicznego (farby, barwniki, polimery, lubrykanty, rozpuszczalniki, żywice)
- materiały pochodzenia roślinnego i zwierzęcego (produkty z włókien naturalnych, drewno, tarcica, skóra, laminaty, plastyki, izolacje)

3.1. Drewno w budownictwie

Drewno, to właściwy wybór w aspekcie zasad zrównoważonego rozwoju, wymaga jednak impregnacji.

Jeżeli ma być użyte zewnętrznie, 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 zewnętrznie 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 zewnętrznie. Z reguły najwłaściwsze materiały są dostępne lokalnie i wymagają minimum przetworzenia.

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

Drewno znajduje około 30 tysięcy zastosowań. Postęp techniczny i rozwój technologii sprawiły, że choć jest to jeden z pierwszych surowców, który w rękach pierwotnego człowieka wyznaczał kierunek cywilizacji, wciąż pozostaje ono materiałem trudnym do zastąpienia, a przy tym odnawialnym.

Do najczęściej stosowanych produktów drewnianych zalicza się:

- drewno budowlane
- drewno klejone
- forniry
- sklejki
- płyty pilśniowe
- płyty wiórowe
- płyty LDF, MDF i HDF
- płyty stolarskie
- materiały podłogowe

Gatunki iglaste, głównie sosna i świerk, są używane do wykonywania konstrukcji dachowych, stolarki budowlanej czy desek

podłogowych. Gatunki liściaste sprawdzają się przy robotach stolarskich, wykonywaniu podłóg i posadzek. Budownictwo jednorodzinne nadal proponuje budowanie z drewna, szczególnie popularne są domy z bali i domy szkieletowe. Drewno, inaczej niż pozostałe materiały budowlane, jest najłatwiej dostępne i całkowicie odnawialne, co ma dodatkowe znaczenie dla ochrony środowiska naturalnego. Drewno charakteryzuje się niezwykłą lekkością, wytrzymałością i sztywnością. Struktura komórkowa drewna pozwala na zatrzymywanie powietrza w ścianach komórkowych, pełniąc tym samym rolę naturalnego izolatora. W rezultacie budynki drewniane wymagają mniejszego zasilania w energię cieplną niż budynki stalowe lub betonowe. Wilgotność w budynkach drewnianych jest regulowana także w sposób naturalny. Powietrze w budynkach drewnianych tworzy bardzo zdrowe i korzystne warunki dla życia człowieka.

Drewno zajęło poczesne miejsce w historii architektury. Jednak także w czasach współczesnych w wielu regionach świata wciąż zachowuje pozycję podstawowego materiału budowlanego. Szczególnie w krajach Ameryki Północnej i Skandynawii budownictwo indywidualne, to w przytaczającej większości domy drewniane. Budowa drewnianych ścian domku parterowego o wymiarach 10 x 10 m wymaga zużycia 3,5 razy mniej energii niż wzniesienie podobnych rozmiarów ścian o konstrukcji murowanej. Jednocześnie do atmosfery ulatnia się prawie trzy razy mniej CO₂, wielokrotnie niższe jest zużycie wody i nie ma uciążliwych ścieków w trakcie budowy. Pod względem izolacyjności cieplnej ściana domku z litego drewna ma zdecydowaną przewagę nad innymi materiałami budowlanymi – konstrukcja z litych belek drewnianych grubości 10 cm odpowiada tej samej izolacyjności cieplnej, co ściana z cegły pełnej grubości ok. 35 cm, a przy tym jest prawie trzy razy lżejsza. Lżejsza

ściana to mniejsze koszty budowy lżejszych fundamentów.[5]

Dom z litego drewna lepiej akumuluje ciepło niż budynek z cegły pełnej czy z betonu. Dla mieszkańca domu oznacza to wyższy komfort latem (pomieszczenia w budynku mniej się nagrzewają) i mniejsze koszty ogrzewania zimą. Wszystko to można przeliczyć na emisję dwutlenku węgla do atmosfery.

Drewno jest trwałe i długo opiera się procesom starzenia, w sprzyjających warunkach potrafi przetrwać wieki. Łatwo poddaje się procesowi przystosowania do warunków wilgotnościowych otoczenia. Potraktowane współczesnymi preparatami, staje się niepalne. Jest lekkie (choć różne gatunki cechuje różny ciężar właściwy), elastyczne i wytrzymałe. Jego porowata struktura sprawia, że cechuje je niski współczynnik przewodzenia ciepła, jest, więc znakomitym materiałem izolacyjnym.

Cechą, której nie ma żadne inne tworzywo konstrukcyjne poza drewnem, jest jego odnawialność – zasoby drewna dadzą się odbudować w relatywnie szybkim procesie, który praktycznie, w odniesieniu do przynajmniej niektórych gatunków, można mierzyć czasem życia człowieka. I jeszcze jedna szczególna cecha: surowiec ten powstaje w wyniku naturalnego procesu biologicznego – fotosyntezy, nie wymaga zatem żadnych obciążających środowisko nakładów energii. Od zarania dziejów drewno w postaci naturalnej (pociętych pni, gałęzi) jest surowcem energetycznym, pozostaje nim również obecnie. Współcześnie ważnym aspektem ekologicznym jest to, że spalanie drewna w nikłym stopniu narusza bilans dwutlenku węgla w naturalnym obiegu tego gazu – można przyjąć, że ilość CO₂ wydzielanego w czasie spalania drewna jest równa ilości gazu przyswojonego w procesie wzrostu rośliny.

Rozwój przemysłu przeróbki drewna przyczynia się do wzrostu masy powstających odpadów. W dzisiejszych czasach określenie „odpad” w odniesieniu do drewna zupełnie

nie odpowiada prawdzie – trociny, wióry i zrębki stały się pełnowartościowym surowcem energetycznym. Znajdują także zastosowanie przy produkcji kompozytowych materiałów budowlanych.

3.2. Kompozyty z drewna i tworzyw sztucznych

Kompozyty z drewna i tworzyw sztucznych wytwarza się z trocin drzew iglastych lub włókien naturalnych. Elementy budowlane powstałe na bazie żywic fenolowych wzmocnione są włóknami celulozowymi, takimi jak bawełna, drewno, konopie, len, a także żywice fenolowe z włóknami drzewnymi stosowane przede wszystkim jako materiał konstrukcyjny i izolacyjny. Trociny pozbawiane są zanieczyszczeń, poddawane są procesowi mineralizacji przez użycie dobranej żywicy, odpowiedniego mineralizatora oraz zabezpiecza się je przed butwieniem. Do mieszanki dodaje się żywice, które pełnią rolę spoiwa. Żywice produkowane są z polimerów pochodzenia organicznego. Kompozyty z drewna i tworzyw sztucznych charakteryzują się:

- małym ciężarem
- możliwością szybkiego montażu
- niskimi nakładami związanymi z utrzymaniem
- trwałością
- odpornością na korozję i czynniki pogodowe
- możliwością różnorodnego kształtowania powierzchni

Kompozyty z drewna i tworzyw sztucznych charakteryzują się wielką różnorodnością i wszechstronnością. Decyduje o tym fakt, że dzięki współczesnej technice można wyprodukować materiał o pożądanych parametrach.

Większość kompozytów z drewna i tworzyw sztucznych jest produkowanych przez osadzanie włókien naturalnych pochodzących z tyka lub z zewnętrznego pnia roślin (pszenica, len, juta, kenaf, sisal, konopie i orzech kokosowy) w poliestrze albo w matrycy polipropylenowej. Umiarkowane własności mechaniczne włókien naturalnych często unie-

możliwiają zastosowanie tego rodzaju materiału, jednak ich stosunek wytrzymałości i sztywności do ciężaru jest ogólnie bardzo korzystny.

Inne włókno naturalne jest używane głównie w złożonych wersjach budowania produktów takich jak sztuki, profile okienne i drzwiowe, listwy wykończeniowe, ogrodzenia i różnego rodzaju panele. Produkty te mogą zawierać od 30% do 70% drewna, w zależności od sposobu zastosowania. Najbardziej typowa zawartość drewna, to około 50%. Bez względu na proporcję, włókna drewna używane w kompozytach mają najczęściej postać mączki niż dłuższych, indywidualnych włókien. Do najpowszechniej używanych gatunków drewna zaliczają się sosna, klon i dąb.

Podobnie, jak ma to miejsce w przypadku materiałów kompozytowych z włóknami nieorganicznymi, stosuje się rozmaite dodatki w celu usprawnienia procesu produkcji oraz polepszenia parametrów wytrzymałościowego produktu. Jako dodatki stosuje się stabilizatory, pigmenty, smary, środki grzybobójcze i środki spieniające. Drzewno-polimerowe produkty budowlane charakteryzują się przede wszystkim lekką wagą i odpornością na korozję. Materiały te współzawodniczą z tradycyjnymi materiałami w licznych mieszkaniowych, handlowych i budownictwa przemysłowego zastosowaniach, włączając rury kanalizacyjne i przewody wentylacyjne, okładziny ścian oraz gonty. Materiały polimerowe zbrojone włóknami pochodzenia organicznego stosowane mogą być przy wszelkich elementach strukturalnych wymagających wzmocnienia, takich jak ściany albo belki.

Najczęstsze zastosowania, wykorzystujące walory tego materiału to wykończenie powierzchni tarasów, ścian oraz dachów. Kompozyty stosuje się również w budownictwie prefabrykowanym, przenośnym oraz modułowym, jak również jako zewnętrzną okładzinę. Drzewno-polimerowe produkty budowlane mogą z powodzeniem emulować wykończenie kamieniarskie.

We wnętrzach kompozyty drzewno-polimerowe znajdują najczęściej zastosowanie jako obudowy kabin prysznicowych, wanien, basenów oraz kanałów. Oparte na poliuretanie spoiwa są używane do produkcji złożonych paneli w różnorodnej konfiguracji, włączając płyty OSB, twarde płyty pilśniowe HB, średniej gęstości płyty pilśniowe (MDF), płytę pilśniową (PB), laminaty oraz forniry.

Płyty OSB, często używane jako materiał strukturalny w budownictwie drewnianym, a także przy układaniu podłóg i pokryciu dachów, produkowane są jako płyty jedno- lub wielowarstwowe. Płyty jednowarstwowe znajdują zastosowanie jako warstwy środkowe sklejk. Płyty wielowarstwowe (najczęściej 3-warstwowe) zbudowane są w następujący sposób: wszystkie warstwy składają się z długich, wysmukłych wiórów (najczęściej sosnowych) pozyskanych poprzez skrawanie małowymiarowego drewna okrągłego (kłody o długości z reguły 2,2m). Skrawanie odbywa się wzdłuż przebiegu włókien, w kierunku stycznym. Warstwy zewnętrzne składają się z orientowanych w kierunku tzw. większej osi płyty (równoległe do przebiegu linii produkcyjnej). Co najmniej 70% wiórów musi być zorientowanych w tym kierunku, inaczej płyty nie możemy nazwać orientowaną. Wióry warstwy wewnętrznej zorientowane są najczęściej w kierunku prostopadłym w stosunku do wiórów warstwy zewnętrznej. Ze względu na pożądane właściwości płyt OSB do ich zaklejania używa się różnych żywic syntetycznych

Polichlorek winylu jako termoplastyczna matryca jest często używanym tworzywem sztucznym w produkcji okien i drzwi. Włókna używane w oknach i drzwiach to włókna drewna. Produkt ten zyskuje na popularności z uwagi na parametry izolacyjności cieplnej, odporność na wilgoć oraz sztywność.

W nowoczesnych produktach przeznaczonych na zewnątrz budynków, zarówno żywice winylowe, jak i polietylenowe oraz polipropylenowe połączone są z mączką drzewną, aby unie-

działanie warunków atmosferycznych. Efektem jest szeroka gama produktów, które typowo nie wymagają malowania oraz używania środków konserwujących.

Innym rodzajem materiału „sandwiczowego” znajdującym szerokie zastosowanie w architekturze mieszkaniowej i handlowej budowy są strukturalnie izolowane panele (SIP). Składają się one ze styropianowego rdzenia przekładanego dwoma cienkimi warstwami z płyty OSB. Te wytrzymałe i lekkie materiały kompozytowe, które mogą być zaprojektowane by mieć wyjątkowe własności izolacji. Uwagi na fakt prefabrykacji, panele mogą być dostarczone na budowę w zadanym rozmiarze. Elementy te mogą być uzbrojone w przewody elektrotechniczne i wodno-kanalizacyjne.

Rośnie także użycie kompozytów drzewno-polimerowych w naprawie i konserwacji betonów, robót kamieniarskich oraz we wzmacnianiu drewnianych belek.

Producenci oferują także gonty wykonane z recyklowanej gumy, tworzyw sztucznych oraz włókna celulozowego wiązanych ze spoiwami polimerowymi. Gont może być stylizowany na podobne elementy wykonane z drewna, standardowe dachówki, jak również gont bitumiczny. Użycie materiałów drzewno-polimerowych prowadzić może do obniżenia zużycia energii na produkcję i utrzymanie w trakcie użytkowania.

3.3. Trocinobetony

Trocinobeton wytwarza się z trocin drzew iglastych – pozbawionych zanieczyszczeń, zmineralizowanych przez użycie dobranego, odpowiedniego mineralizatora i zabezpieczającego przed butwieniem. Proces produkcji odbywa się ściśle wg recept i zaprogramowanej technologii. Do mieszanki dodaje się cement, który jest głównym spoiwem. Są to lekkie termoizolacyjne betony, w składzie których spoiwem jest cement portlandzki, a wypełniaczami – trociny, wióry i zrąbki drzew iglastych (sosna, jodła

lub świerk) o ściśle określonych wymiarach i właściwościach, bez zanieczyszczeń, zbutwień. Trociny mają długość do 10 mm, wióry – do 60 mm, a wymiary zrąbków 40 × 20 × 6 mm (długość, szerokość, grubość). Wypełniacze poddawane są mineralizacji, która zapobiega gniciu, zapewnia odpowiednią trwałość, zmniejsza skurcz własny, zwiększa przyczepność do zaczynu cementowego i umożliwia właściwe wiązanie oraz twardnienie betonu.

Ściany wznoszone z trocinobetonowych elementów charakteryzują się:

- znaczną odpornością cieplną,
- współczynnikiem $K=0,25 - 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$
- „czystością” ekologiczną, gdyż są wznoszone ze „zdrowych” materiałów: trocin i cementu,
- są wytrzymałe, lekkie i trwałe (ciężar objętościowy trocinobetonu odmiany 600 wynosi 600–700 kg m³ przy wytrzymałości na ściskanie min. 1 MPa, a ciężar objętościowy trocinobetonu odmiany 1200 wynosi 1000–1300 kg/m³ przy wytrzymałości na ściskanie min. 5 MPa).
- prostotą wykonawczą.

3.4. Materiały termoizolacyjne pochodzenia organicznego

Wykorzystanie izolacyjnych materiałów ropopochodnych, takich jak włókno szklane i piany, nie jest zgodne z zasadą zrównoważonego rozwoju. Ponadto, wiele materiałów izolacyjnych zawiera chemiczne preparaty ogniochronne i kleje, a także charakteryzuje się wysoką wartością „szarej energii”. Na szczęście na rynku znaleźć można szereg innych, ekologicznych rozwiązań. Bloczki z konopi i wapna, włókno lniane oraz włókno drewniane to tylko niektóre z bardziej ekologicznych oferowanych materiałów. Wełna owcza oraz celuloza są energooszczędne i nie mają negatywnego wpływu na środowisko, jak dzieje się to w przypadku materiałów tradycyjnych. Izolacja wełną owczą, na przykład, wymaga poniżej 15% energii potrzebnej do wytworzenia izolacji z włókna szklanego, do tego może wchłaniać z powietrza wilgoć

i uwalniać ją bez wpływu na sprawność cieplną. W okresie zimowym wełna uwalnia energię w postaci ciepła i pochłania wilgoć, w miesiącach letnich w naturalny sposób uwalnia wilgoć i w ten sposób chłodzi budynek.

Porównanie energii pierwotnej materiałów [7]:

- włókna ligno-celulozy 1–4 kWh/kg
- włókno szklane 4–15 kWh/kg
- styropian 14–23 kWh/Kg
- włókno węglowe 36 kWh/kg

3.5. Materiały izolacyjne z celulozy

W krajach zachodnich celuloza, będąca produktem przemysłu drzewnego, od dawna z powodzeniem pełni rolę materiału budowlanego, jako warstwa izolacyjna w ścianach. Uzyskana z przeróbki makulatury celuloza wymaga znacznie niższego nakładu energii niż produkcja włókna szklanego czy wyrobów piankowych. Ponadto celuloza charakteryzuje się znacznie niższą wartością „szarej energii”. Jest to materiał trudnopalny i nierozprzestrzeniający ognia. Dzięki zawartości związków boru nie tylko sam nie ulega biodegradacji, ale powstrzymuje rozpoczęty proces rozwoju pleśni i grzybów na konstrukcjach drewnianych. Pozwala to zaniechać stosowania folii parizolacyjnej, ponieważ w przypadku zawilgocenia izolacji do chwili jej ponownego wyschnięcia nie rozwijają się szkodliwe mikroorganizmy. W kontakcie z ogniem nie płonie tylko się zwęglą. Nie wydziela przy tym substancji trujących.

Materiały izolacyjne z celulozy nadają się do izolowania termicznego przestrzeni trudnodostępnych, w których nie da się poprawnie ułożyć tradycyjnych materiałów ociepleniowych, na przykład płyt wełnianych lub styropianowych. Celulozę produkuje się z makulatury papieru gazetowego zabezpieczonego retardantami i impregnatami. Celuloza to materiał o właściwościach izolacyjnych termicznych jak i akustycznych. Ocieplenie z celulozy posiada właściwości termiczne

identyczne jak wełna mineralna czy styropian.

Włókna celulozowe sprzedawane jest w kilkunastokilogramowych workach i zagęszczane są do około 150 kg/m^3 co daje duże oszczędności przy transporcie. Włókna celulozowe sprzedawane są również w formie elastycznych i łatwych w obróbce płyt.

Izolacja tym materiałem posiada liczne zastosowania, lecz póki co nie cieszy się wielką popularnością w naszym kraju w przeciwieństwie do USA czy Kanady. Obawy przed tą technologią i materiałem wiążą się z koniecznością zlecenia izolacji wyspecjalizowanej ekipie. Izolacji tej nie jesteśmy w stanie wykonać na własną rękę, dlatego też obawiamy się, że będzie ona droga i nieoptymalna, lecz tak naprawdę cena wykonania jej nie różni się wiele od stosowanych powszechnie systemów ociepleń.

Celuloza jako jeden z niewielu materiałów termoizolacyjnych jest paroprzepuszczalna, czego nie można powiedzieć o styropianie i wełnie mineralnej oraz nie wymaga stosowania paroizolacji w przegrodach gdzie została zastosowana. Celuloza jest także materiałem bezpiecznym dla zdrowia i niewywołującym alergii. Parametry izolacyjno-termiczne są identyczne jak dla wełny mineralnej i styropianu – współczynnik przewodzenia ciepła dla celulozy wynosi $0,037\text{--}0,042 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Celuloza jest także dobrym izolatorem akustycznym.

Stosowanie celulozy powoduje ciągłość izolacji eliminując powstałe mostki termiczne przy użyciu innych materiałów izolacyjnych. Dzięki zastosowaniu soli boru do impregnacji celulozy, nie istnieje konieczność chemicznej ochrony drewna, zarówno przed owadami, jak i grzybami. Celuloza osusza zagrzybione podłoża i jednocześnie je konserwuje. Wszystkie te czynniki powodują, że jest materiałem niezwykle trwałym.

Celulozę stosujemy do ocieplenia i do izolowania akustycznego: ścian zewnętrznych i wewnętrz-

nych, stropów, sufitów, poddaszy i dachów. Występują trzy metody wykonania takiej izolacji: metoda luźnego nadmuchu, metoda wdmuchiwania pod ciśnieniem i metoda natrysku na mokro. Celulozę stosuje się głównie wypełniając wolne przestrzenie poprzez nadmuch, w ten sposób izolujemy stropodachy wentylowane, zamknięte ściany, stropy, sufity czy wolne przestrzenie poddaszy nie użytkowych. Metodą natrysku na mokro izolujemy sufity, ściany zewnętrzne jak i wewnętrzne. Cechuje ją wysoka zdolność zatrzymywania ciepła w czasie upałów, a także mrozów. Rzeczywisty opór cieplny jest wyższy o około 20% od mierzonego laboratoryjnie. Badania laboratoryjne nie uwzględniają gęstości i budowy włókien, w której w bardzo niewielkim stopniu dochodzi do konwekcyjnej wymiany ciepła (infiltracja powietrza w materiale izolacyjnym). Dzięki zastosowaniu urządzenia mechanicznego można wielokrotnie skrócić czas ocieplania obiektu

3.6. Słoma i wełna owcza, jako materiały izolacyjne

Słoma, to chyba najbardziej tradycyjny materiał ociepleniowy. Ze słomy produkuje się elastyczne płyty grubości około 2 do 5 cm. Słoma jest powiązana sznurkami i nasączona impregnatem, który zmniejsza jej podatność na ogień. Płyty słomiane można stosować do ocieplania dachów, ścian szkieletowych, stropów oraz poddaszy. Mają gęstość około 190 kg/m^3 . Współczynnik przewodzenia ciepła dla tego materiału wynosi od $0,042$ do $0,056 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Zwykła wełna owcza także może być materiałem ociepleniowym stosowanym w budownictwie. Produkowane są z niej maty laminowane jednostronnie włókniną lub folią aluminiową i strzępki wełniane do wykonywania izolacji wdmuchiwanych. Wełna charakteryzuje się dobrą izolacyjnością termiczną i akustyczną. Jest trwała i świetnie reguluje poziom wilgotności powietrza w pomieszczeniach. Pochłania nadmiar wilgoci i oddaje go, gdy

robi się sucho. Nie pyli w trakcie cięcia i nie stanowi pokarmu dla gryzoni. Nie jest jednak odporna na trwałe zawilgocenie. Materiał taki polecany jest do ocieplania poddaszy użytkowych.

3.7. Materiały budowlane z włókien naturalnych

Materiały budowlane z włókien naturalnych w warunkach śródoeuropejskich produkowane są z lnu włóknistego i konopi siewnej. Do najczęściej stosowanych materiałów z włókien naturalnych zalicza się:

- geowłókniny
- trawniki
- materiały filtracyjne
- materiały izolacyjne

Materiały termoizolacyjne z włókien naturalnych posiadają parametry nieustępujące obecnym na rynku materiałom termoizolacyjnym:

- $k = 0.040\text{--}0.045 \text{ w/m}^2 \text{ k}$
- Gęstość – $25\text{--}50 \text{ kg/m}^3$
- Grubość – $20\text{--}300 \text{ mm}$

Płyty ociepleniowe z włókna lnianego są materiałem stosunkowo tanim w pozyskiwaniu i w pełni ekologicznym. Włókna łączy się ze skrobnią ziemniaczaną, służącą jako lepiszcze i sprasowuje. Tak powstałe płyty są dobrym izolatorem akustycznym i termicznym. Nie hamują przepływu pary wodnej gromadzącej się wewnątrz ogrzewanych pomieszczeń. Włókna lniane są jednak łatwopalne i aby płyty takie zostały dopuszczone do stosowania w budownictwie muszą być zabezpieczone impregnatami ogniochronnymi. Materiał ten niestety nie jest odporny na działanie insektów i gryzoni.

Materiałem termoizolacyjnym są też płyty z konopi. Produkt ten jest szczególnie popularny w Stanach Zjednoczonych. U nas hodowla konopi jest utrudniona z powodu dużego podobieństwa konopi tradycyjnych do konopi indyjskich. Płyty konopne mają właściwości podobne do płyt z włókien lnianych. Odznaczają się jednak gorszą odpornością na zawilgocenie. Maty i płyty produkuje się także z włó-

kien kokosowych. Są one wytrzymałe, sprężyste, odporne na działanie ognia i nie zawierają żadnych chemicznych domieszek. Mają grubość od 1 do 4 cm i gęstość 85–125 kg/m³. Ich współczynnik przewodności cieplnej wynosi około 0,043–0,045 W/(m·K). Mimo tak dobrych właściwości cieplochronnych służą głównie do wykonywania izolacji akustycznej.

Wśród zalet konopi, jako rośliny przemysłowej wymienia się:

- dopasowanie do środkowoeuropejskich warunków klimatyczno – glebowych;
- szybki przyrost biomasy (w ciągu 100 dni osiągają wysokość ok. 4 m);
- wysoki plon biomasy (ok. 10 t/ha, nawet przy umiarkowanym nawożeniu);
- uprawa nie wymaga stosowania środków ochrony roślin oraz poprawia strukturę gleby;
- uprawa jest znakomitym przedplonem dla innych gatunków;
- odporność na okresowe braki wody;
- mogą być rośliną rekultywacyjną;
- uprawa konopi pozwala na zachowanie różnorodności biologicznej;
- konkurencyjność w stosunku do rosnących cen drewna;

3.8. Materiały wykończeniowe pochodzenia organicznego

Materiały wykończeniowe stanowią grupę, która generuje olbrzymie obciążenia ekologiczne. Grupa ta jest niezwykle szeroka i obejmuje produkty do wykańczania m.in. ścian, podłóg i sufitów. Materiały te bardzo często oparte są o związki chemiczne pochodzące z paliw kopalnych, natomiast w produkcji zaangażowane są energochłonne procesy. Alternatywą dla tworzyw sztucznych bardzo często stosowanych, jako materiały posadzkowe oraz farb opartych na rozpuszczalnikach mogą być materiały oparte na surowcach odnawialnych.

Wykładziny naturalne powstają także w oparciu o surowce pochodzenia organicznego. Najbardziej rozpowszechnionym produktem o natu-

ralnym pochodzeniu jest linoleum.

Linoleum – materiał składający się z warstwy barwionej w masie utwardzonej masy plastycznej (o podstawowym składzie: olej lniany, kafałonia i mączka drzewna lub korkowa) nałożonej na płótno jutowe (lub podobną tkaninę). Linoleum cechuje nie-
spotykane bogata kolorystyka, duża wytrzymałość na użytkowanie i odporność na żar z papierosów, co czyni ten produkt niezwykle użytecznym w profesjonalnych zastosowaniach.

Nakładanie powłok malarskich jest jednym z podstawowych procesów wykańczania powierzchni wyrobów w celu zmniejszenia ich podatności na wpływy zewnętrzne, w szczególności na korozję, a także nadania im wyższych walorów użytkowych. Pierwotnie stosowano głównie farby zawierające znaczne ilości rozpuszczalników organicznych niosących duże zagrożenie dla środowiska. W skład takich klasycznych farb wchodziło średnio 60% rozpuszczalników, 30% spoiwa, 7% – 8% pigmentów i wypełniaczy oraz 2% – 3% dodatków.

Farby produkowane są z naturalnych materiałów (woda, oleje i pigmenty roślinne, minerały). Spoiwem farby jest najczęściej olej lniany, glina, wapno lub biało mleka. Farby nie zawierają niebezpiecznych dla zdrowia lotnych związków organicznych (VOCs).

Konieczność zmniejszenia emisji lotnych związków organicznych, przez które rozumie się każdą ciecz organiczną (lub substancję stałą), która sama odparowuje w warunkach otoczenia, doprowadziła do opracowania wielu farb o zmniejszonej zawartości tych substancji. Farby te można podzielić na trzy grupy:

„High-solids” – farby z tej grupy zawierają dużą ilość składników stałych, charakteryzują się niższą emisją rozpuszczalników (do 50% mniej w stosunku do farb tradycyjnych), dobrym kryciem, dają możliwości nakładania grubych powłok przy zmniejszonej liczbie nakładanych warstw oraz stwarzają mniejsze zagrożenie pożarowe i mogą być nakładane przy zastosowaniu typowego sprzętu.

Najpopularniejsze „ekologiczne” farby to farby wodorozcieńczalne. Ich głównym rozpuszczalnikiem jest woda stanowiąca około 80% farby. Korzyści wynikające ze stosowania takich farb, to znaczne zmniejszenie emisji rozpuszczalników organicznych (ich zawartość z reguły nie przekracza 35% ilości zawartej w nich wody), zmniejszenie zagrożenia pożarowego, długi okres przydatności do użytku, dobre właściwości powłoki i zmniejszenie narażenia użytkowników na substancje organiczne zawarte w powietrzu, gdyż powszechnie uznaje się farby wodorozcieńczalne za nieszkodliwe.

Farby proszkowe składają się w 100% ze sproszkowanej żywicy zawierającej stałe dodatki. Proszek nanoszony jest na malowaną powierzchnię metodą zanurzania w złożu fluidalnym, natryskiwania lub natryskiwania elektrostatycznego. Po naniesieniu powłoki proszku jest ona najczęściej stapiana, tworząc trwałą, odporną na korozję powłokę o wysokiej jakości.

4. Podsumowanie

Rynek materiałów budowlanych oferuje szeroką gamę produktów, gdzie zastosowanie znajdują produkty i odpady rolnictwa, leśnictwa oraz przemysłu drzewnego. Wykwalifikowani projektanci i wykonawcy rozumiejący unikalne właściwości i uwarunkowania tej grupy produktów mogą istotnie wpłynąć na obniżenie energochłonności w pierwszej fazie cyklu życia obiektu budowlanego.

Tak jak w przypadku każdego produktu organicznego, zastosowanie materiałów pochodzenia roślinnego wykorzystuje lokalny potencjał biologiczny. Szerokie pole potencjalnych zastosowań pozwala zagospodarować produkty wegetacyjne niezależnie od obszaru uprawy, klimatu i sezonowych zmian. Biotechnologia jest jednocześnie jedną z najprężniej rozwijających się dziedzin nauki, także już w najbliższej przyszłości spodziewać się można dalszego

upowszechnienia „zielonych materiałów”.

Odnawialne surowce mają potencjał, by zachować bogactwa naturalne: Ich szczególnym atutem jest możliwość utrzymywania bilansu CO₂ oraz niska energochłonność produkcji. Użycie odnawialnych surowców w produkcji materiałów budowlanych doskonale wpisuje się w politykę zrównoważonego rozwoju, oczekiwać zatem można, wzorem krajów zachodnich (LEED, BREEAM), wprowadzenia instrumentów polityki budowlanej związanej ze specyfikacją materiałów budowlanych.

Obecnie, zasady zrównoważonego rozwoju wpisane zostały, jako kluczowe wytyczne w polityce wielu krajów w Europie i na świecie. Walka z emisją gazów cieplarnianych i skojarzoną zmianą klimatu stała się jednym z głównych bodźców restrukturyzacji materiało- i energochłonnych gospodarek. Rządy kilku krajów prowadzą politykę związaną z kontrolą i doskonaleniem przemysłu budowlanego. Ważne działania zawierają minimalizację zużycia energii w budynkach, rozumne użycie bogactw naturalnych i ściślejszą kontrolę emisji szkodliwych substancji. Wszystkie te wytyczne powinny mieć zastosowanie podczas wyboru materiałów.

Główne podejścia mogłyby być następujące:

- Użycie odnawialnych zasobów energetycznych dla wydobycia surowców, dla wytwarzania, przetwarzania i przewozu materiałów budowlanych;
- Użycie materiałów pochodzących z odnawialnych źródeł;
- Zmniejszenie konsumpcji nieodnawialnych surowców;
- Nacisk na materiały budowlane dostępne lokalnie;
- Renesans tradycyjnych technologii budowlanych;
- Eliminacja strat energii, wody i materiałów poprzez doskonalenie procesów produkcyjnych;
- Zwiększenie użycia surowców pochodzących z recyklingu

- Zwiększenie potencjału dla recyklingu produkowanych materiałów budowlanych;

- Zwiększenie jakości, wytrzymałości trwałości materiałów budowlanych;

- Staranne projektowanie przekładające się w konsekwencji na niskie koszty utrzymania i konserwacji;

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.

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. Jedną z głównych strategii na rzecz poprawy funkcjonalności i środowiskowych wyników tradycyjnych materiałów może być użycie nowoczesnych technologii z dziedziny biotechnologii. Produkcja materiałów budowlanych w duchu zrównoważonego rozwoju powinna charakteryzować się większą dostępnością dla inwestorów i procesami produkcji nie stanowiącymi zagrożenia dla ludzkiego zdrowia i środowiska naturalnego.

Celem długofalowym powinna być stopniowa ewolucja rynku materia-

łów budowlanych. Istotna jest popularyzacja problemów energo- i materiałochłonności procesów produkcji oraz użycie instrumentów polityki budowlanej do kształtowania preferencji nabywców. Najważniejszymi czynnikami wyboru materiałów podczas prac remontowo-budowlanych są niestety w dalszym ciągu, cena i trwałość, przy czym to cena jest oceniana jako czynnik ważniejszy. Najwyższa pora, aby równie ważnym kryterium decydującym o specyfikacji materiałów budowlanych była jakość zamieszkiwanego przez nas wszystkich środowiska naturalnego.

BIBLIOGRAFIA:

- [1] Runkiewicz L. (2010), Wykonywanie obiektów budowlanych zgodnie z zasadami rozwoju zrównoważonego, ITB, Warszawa
- [2] Górzyński J. (2004), Obciążenia środowiska w produkcji wyrobów budowlanych. Prace naukowe ITB, Warszawa
- [3] Anink, D., Boonstra, C., Mak, J. (1996) Handbook of Sustainable Building, An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment. James & James, London
- [4] Woolley T., Kimmins S., Harrison P., Harrison R. (1997) Green Building Handbook, Spon Press, London
- [5] Berge B. (2001), The Ecology of Building Materials, Oxford Architectural Press
- [6] Górzyński J. (2004.), Obciążenia środowiska w produkcji wyrobów budowlanych. Prace naukowe ITB, Warszawa
- [7] Hammond G., Jones C. (2011) Inventory of Carbon&Energy; University of Bath
- [8] Cole, R.J. and Kernan, P.C. (1996), Life-Cycle Energy Use in Office Buildings, Building and Environment, Elsevier Science Ltd. Oxford
- [9] West J, Atkinson C, Howard N. (1994): Proceedings of the first international conference of buildings and environment, CIB
- [10] Sarté B., Sustainable Infrastructure The Guide to Green Engineering and Design, Oxford
- [11] Williamson, A. G. (1997) Energy Efficiency in Domestic Buildings, a Literature Review and Commentary., Ministry of Commerce, New Zealand
- [12] Brand S (1994), How Buildings Learn, Viking Penguin, New York
- [13] Anderson J., Shiers D. (2002) The Green Guide to Specification, Blackwell Science Ltd Oxford
- [14] Grabowska L. (2009), Rynek konopny w EU i w Polsce, Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich, Poznań
- [15] Kazimierczak Z. Gorzkowski S. (1999) Ekologiczne technologie wytwarzania powłok organicznych. Instytut Chemii Przemysłowej, Warszawa