

mgr inż. Agnieszka Klich<sup>1)\*</sup>  
 ORCID: 0000-0001-8051-8368  
 dr inż. Dorota Kram<sup>2)</sup>  
 ORCID: 0000-0003-3580-7237

# Energooszczędne konstrukcje drewniane

## *Energy-saving wooden constructions*

DOI: 10.15199/33.2020.06.03

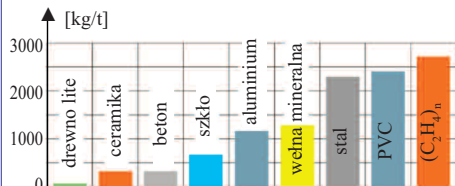
**Streszczenie.** Budownictwo na bazie drewna to bardzo szybko rozwijająca się gałąź budownictwa w świecie. Nieco gorzej jest na rynku polskim. W dobie dbałości o środowisko ważne jest, aby nowo powstałe obiekty budowlane, w tym budynki, nie tylko zużywały jak najmniej energii, ale również były wykonane z materiałów odbieranych jako ekologiczne. Budownictwo na bazie drewna łączy oba te aspekty. Są jednak jeszcze dwa aspekty rynkowe: cena oraz dostępność materiałów i rozwiązań technologicznych. Budynki o konstrukcji drewnianej są przyjazne środowisku naturalnemu i człowiekowi, a przy odpowiedniej izolacji, wykończeniu i dobrze dobranym systemom instalacyjnym mogą uzyskać status budynków zeroenergetycznych, czyli takich dla których bilans energetyczny w skali roku jest zerowy. W artykule zaprezentowano światowe trendy i możliwości polskiego rynku budownictwa na bazie drewna.

**Słowa kluczowe:** zero energii; materiały ekologiczne; drewno; budownictwo na bazie drewna.

**Abstract.** Wood-based construction is a rapidly growing branch of construction in the world, it is slightly worse on the Polish field. In the era of care for the environment, it is important that newly constructed building objects, including buildings, not only use as little energy as possible, but also be made of materials received as ecological. Wood-based construction combines both of these aspects. There are, however, two other market aspects: price and availability of materials and technological solutions. Wooden buildings are more environmentally and human friendly than other material solutions, and with proper insulation, finishing and well-chosen installation systems, they can also be tempted to become a zero-energy building, i.e. one whose energy balance is zero per year. This article attempts to present the topic in a synthetic way, outlining global trends and possibilities of the Polish wood-based construction market.

**Keywords:** zero energy; ecological materials; wood; wood-based construction.

Drewno jako produkt dla budownictwa ma wiele wad, a jednocześnie wiele zalet. W dobie dbałości o środowisko naturalne należy mocno zaakcentować dwie z nich: małe zużycie energii oraz niewielką ilość odpadów („Cradle to Cradle<sup>®</sup> – C2C) w analizie cyklu życia budynku – LCA (rysunek 1). O drewnie można mówić, że jest produktem „odnawialnym” i dlatego w wielu krajach rozwija się budownictwo na bazie drewna jako rozwiązanie alternatywne dla betonu i stali.



**Rys. 1. Obciążenie środowiska CO<sub>2</sub> w analizie LCA (analiza cyklu życia) podstawowych materiałów budowlanych [6]**

Fig. 1. CO<sub>2</sub> environment impact in the LCA (life cycle analysis) of basic building materials

<sup>1)</sup> Politechnika Krakowska; Małopolskie Centrum Budownictwa Energooszczędnego  
<sup>2)</sup> Politechnika Krakowska; Wydział Inżynierii Łądowej  
 \*) Adres do korespondencji: agnieszka.klich@pk.edu.pl

Ten pozytywny trend poszukiwania nowych rozwiązań dla budownictwa nie tak dawno znalazł swoje odbicie na Światowej Wystawie EXPO 2015 (fotografie 1 i 2), której hasłem przewodnim było wprawdzie *Żywnie planety, energia dla życia*, ale tłem do tego przesłania stały się konstrukcje pawilonów wy-

stawowych poszczególnych krajów na bazie materiałów odnawialnych takich jak drewno i bambus.

### Technologie na bazie drewna

Postęp budownictwa na bazie drewna nastąpił wraz z rozwojem klejów i obróbki drewna. Początkowo z prosto ociosanych bali kształtowano ściany wieńcowe. Rozwój materiałów termoz izolacyjnych i dokładniejszej obróbki drewna pozwolił na kształtowanie technologii słupowo-ryglowych, a następnie belkowo-płytowych (rysunek 2). Kolejny krok to płyty skrzynkowe (przede wszystkim elementy stropowe). Rozwój klejów, szczególnie coraz bardziej ekologicznych, przyczynił się do rozwoju technologii płytowych i budownictwa masywnego (tabela 1). Technologie płytowe mogą być na bazie łączników trzpieniowych (rysunek 3) lub klejone.

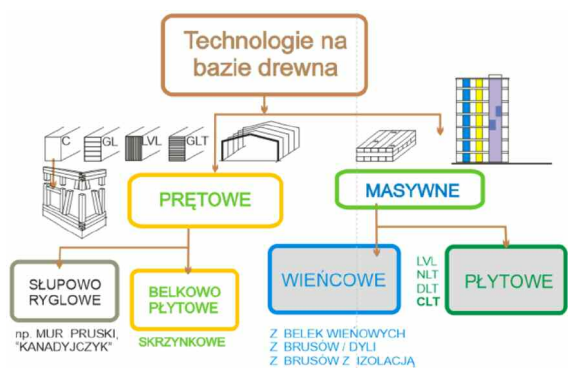
W drewnianych budynkach wysokich wprowadzenie betonu (np. TCC – timber-concrete-composite) pozwala kształtować obiekty o bardzo dużych wymaganiach m.in. ze względu na bezpieczeństwo pożarowe. W tych rozwiązaniach przodują Kanadyjczycy, którzy budują obiekty



**Fot. 1. Pawilon włoski – drewno**  
 Photo 1. Italian pavilion – timber construction

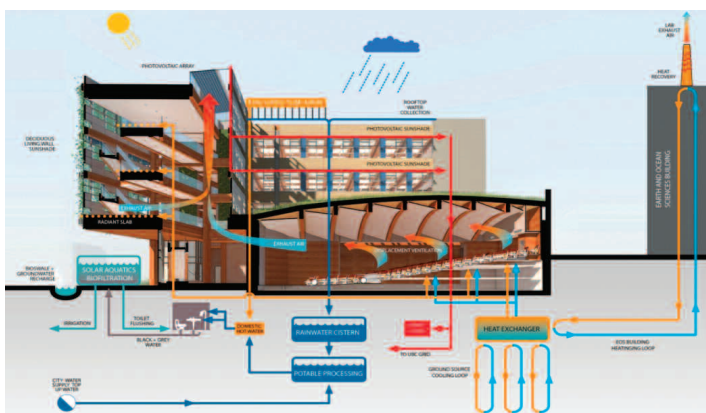


**Fot. 2. Pawilon chiński – bambus**  
 Photo 2. Chinese pavilion – bamboo construction



Rys. 2. Kierunki rozwoju technologii na bazie wyrobów z drewna

Fig. 2. Directions of technology development based on wooden products



Rys. 4. CIRS [5, 6]

Fig. 4. CIRS [5, 6]

Tabela 1 Przykładowa systematyka materiałów drewnopochodnych w zależności od rozdrobnienia włókien i sposobu ich ponownego scalania [4]

Table 1. An example systematics of wood-based materials depending on the fineness of the fibers and the method of their reintegration

	Baza	Produkt/nazwa handlowa	Reprezentatywny ustrój konstrukcyjny	Orientacja włókien kolejnych warstw	
Materiały na bazie drewna	drewno lite jako materiał wyjściowy	tarcica obrzynana z drewna iglastego lub liściastego w tym modyfikowane np. termicznie ThermoWood	belka np. deski, belki, krańdziaki	równoległe	
		klejone i/lub prasowane	drewno klejone warstwowo z desek – GL (z ang. <i>Glulam</i> ), BSH (z niem. <i>Brettschichtholz</i> )	głównie belka, ale też płyta o pionowych układach spoin	równoległe
			SWP (z ang. <i>Solid Wood Panel</i> ) CLT (z ang. <i>Cross Laminated Timber</i> ) – drewno klejone warstwowo w układach ortogonalnych	płyty i tarcze	ortogonalne
	V – fornir	sklejka	płyta	ortogonalne	
		LVL (z ang. <i>Laminated Veneer Lumber</i> ) elementy klejone z fornirów	belka i płyta	ortogonalne i równoległe	
	S – wióry	LSL (z ang. <i>Laminated Strand Lumber</i> )	belka	równoległe	
PARALAM PSL ( <i>Parallel Strand Lumber</i> ) OSB (z ang. <i>Oriented Strand Board</i> )		belka płyta	równoległe podłużnie		
D – włókna, wełna drzewna	trociny – płyty trocinowe i trocino-betonowe MDF (z ang. <i>Medium Density Fiberboard</i> ); płyty z wełny drzewnej wiązane cementem lub magnezem	płyta	losowo		
Kompozyt	WPC (z ang. <i>Wood Polymer Composites</i> )	deska	losowo		



Rys. 3. Przykłady płyt powstałych przy użyciu łączników trzpieniowych: a) NLT; b) DLT

Fig. 3. Examples of plates made using bolt connectors: a) NLT; b) DLT

oświatowe i użyteczności publicznej z drewna. Za sztanarowy projekt można uznać Centre for Interactive Research on Sustainability (CIRS) znajdujący się w Vancouver, pokazany na rysunku 4 [3].

Wiele technologii budownictwa drewnianego o małej kubaturze bazuje na lokalnych rozwiązaniach, często z elementów drobnomiarowych (rysunek 5).

Aby uzyskać parametry przegród zgodnie z obecnymi przepisami, wprowadzamy dość często dodatkową termoizolację.

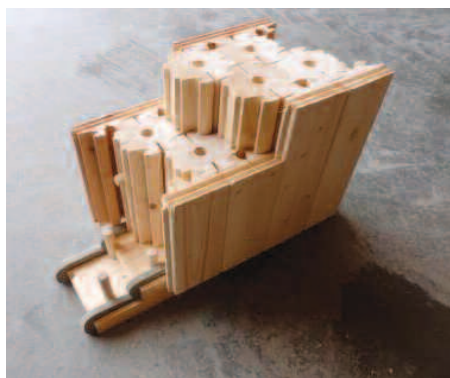
### Isolacja termiczna ścian

W przypadku konstrukcji płytowych ocieplenie ścian wykonuje się jak w budynku w technologii murowanej, natomiast w konstrukcjach prętowych sprawa jest bardziej złożona. Drewniana ściana szkieletowa składa się przede wszystkim z materiału izolacyjnego, a drewno użyte jako konstrukcja także charakteryzuje się dobrymi parametrami izolacyjnymi. Trzeba mieć na uwadze, że drewniana ściana w budynkach szkieletowych jest przegrodą niejednorodną i element szkieletu należy traktować jak mostek termiczny. W celu jego zniwelowania najczęściej stosuje się dodatkową warstwę izolacji nakładaną od zewnątrz na konstrukcję, co poprawia jednocześnie izolacyjność przegrody.

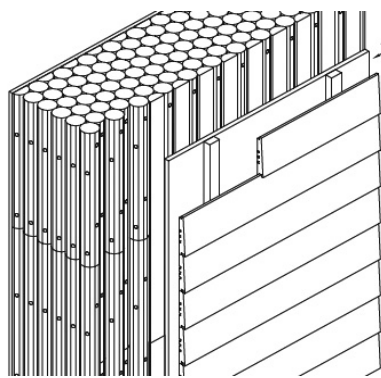
**Termoizolacja przestrzeni między słupami.** Przestrzeń pomiędzy elementami szkieletu konstrukcji budynku wypełniona jest materiałem termoizolacyjnym, ale nie wszystkie materiały są do tego odpowiednie. Przy doborze materiału termoizolacyjnego (tabela 2) należy zwrócić uwagę na:

- **sprężystość i elastyczność** – materiał do termoizolacji konstrukcji szkieletowych powinien charakteryzować się dużą sprężystością, co ułatwi montaż między słupami i zminimalizuje mostki termiczne;

- **paroprzepuszczalność i zdolności sorpcyjne** – są to istotne cechy pozwalające na odprowadzanie wilgoci na zewnątrz, nie dopuszczając do zawilgocecia izolacji powodującego zwiększenie przewodności cieplnej oraz do zawilgo-



System NATURI® [W1]



System PALISADIO [W2]



System GISLER Holzhaus [W3]



System LIGNATUR [W7]

**Rys. 5. Wybrane technologie budownictwa drewnianego o małej kubaturze**

*Fig. 5. Selected technologies of wooden construction with small cubature*

**Tabela 2. Wybrane parametry techniczne materiałów izolacyjnych używanych do wypełnienia konstrukcji szkieletowej**

*Table 2. Selected technical parameters of insulation materials used to fill the frame structure*

Parametry	Wełna szklana	Wełna skalna	Wełna drzewna	Ekofiber	Wełna konopna	Ekowata	Wełna owcza	Styropian
Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda$ [W/(m·K)]	0,030 ÷ 0,045	0,034 ÷ 0,045	0,038 ÷ 0,050	0,039 ÷ 0,041	0,040 ÷ 0,042	0,039 ÷ 0,041	0,034 ÷ 0,040	0,031 ÷ 0,045
Gęstość $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	10,0 ÷ 129,0	20,0 ÷ 199,0	45,0 ÷ 270,0	27,0 ÷ 65,0	30,0 ÷ 42,0	25,0 ÷ 80,0	13,0 ÷ 30,0	10,0 ÷ 40,0
Współczynnik oporu dyfuzyjnego $\mu$	1,3 ÷ 1,4	1,3 ÷ 1,4	3	1,4	1 do 2	brak danych	1,0	30,0 ÷ 60,0
Klasa reakcji na ogień	A1	A1	E	C	E	B	B lub E	E
Biodegradowalność	nie	nie	tak	tak	tak	tak	tak	nie

cenia drewna, co może skutkować niszczeniem konstrukcji szkieletowej;

- **klasę reakcji na ogień** – powinny być to materiały charakteryzujące się dużą odpornością ogniową, bardzo istotną w przypadku konstrukcji na bazie drewna;

- **odporność chemiczną i biologiczną** – powinna być duża, aby zwiększyć ochronę przed szkodnikami, które są zagrożeniem dla konstrukcji drewnianych.

Ponadto z punktu widzenia budynku energooszczędnego i względnie ekologicznego istotne są jeszcze:

- **współczynnik przewodzenia ciepła** – im mniejszy, tym lepsze właściwości przenikania ciepła będzie miała przegroda;

- **biodegradowalność** – wykonanie z materiałów pochodzenia naturalnego

jest istotne ze względu na odpady, które szybko się rozkładają (np. wełna owcza);

- **oddziaływanie na środowisko i LCA (Life Cycle Analysis).**

**Dodatkowa izolacja zewnętrzna budynków drewnianych.** Oprócz termoizolacji w konstrukcji budynku stosuje się jeszcze dodatkową izolację zewnętrzną. Może ona być wykonywana w taki sam sposób jak w budynkach murowanych, ale w przypadku konstrukcji szkieletowej pełni często dodatkową funkcję – minimalizuje udział mostków termicznych powstałych na skutek braku ciągłości materiału konstrukcyjnego.

W przypadku **stropu**, o ile nie oddziela kondygnacji ogrzewanej od nieogrzewanej, izolacja będzie pełniła funkcję bardziej akustyczną niż termiczną. Nale-

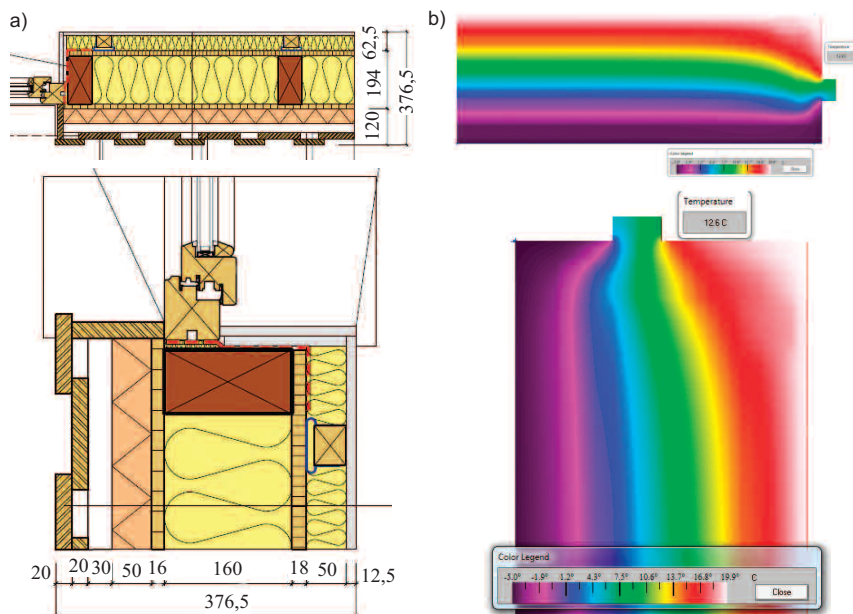
ży jedynie zwrócić uwagę na staranne połączenie stropu ze ścianą. **Dachy** mają z reguły konstrukcję drewnianą, a więc ich ocieplenie będzie przebiegało w analogiczny sposób jak w przypadku ścian. **Podłogi** wykonuje się tak samo jak w budynkach tradycyjnych, a więc ich ocieplenie realizowane jest przez ułożenie materiału termoizolacyjnego (o małej ściśliwości) na odpowiednio przygotowanym podłożu. Mając na uwadze zwiększoną energooszczędność budynku, trzeba jedynie pamiętać, aby zachować szczelność między fundamentem a ścianą (uniknięcie liniowego mostka termicznego). Styropian zastosowany do izolacji oraz dolna krawędź ocieplenia ścian powinny być sfazowane pod kątem 45°. Wówczas przy połączeniu płyt efekt mostka będzie mniejszy. Trzeba również pamiętać o obróbce blacharskiej na styku termoizolacji fundamentu i ściany, która będzie odprowadzała skropliny poza warstwę ocieplenia, nie doprowadzając do jej zawilgocenia.

W budynkach drewnianych bardzo istotny jest prawidłowy **montaż okien i drzwi** (rysunki 6 i 7). Aby zapobiec powstawaniu mostków termicznych i nadmiernej utracie ciepła, okno powinno być umieszczone na równi z warstwą izolacji termicznej. Zmniejszy to utratę ciepła, ułatwi uszczelnienie przeciwdeszczowe oraz zminimalizuje ryzyko szkód z powodu wilgoci.

Budynki na bazie drewna są równoprawnymi rozwiązaniami na rynku budowlanym. Należy wprowadzić certyfikację takich budynków na wzór standardów budownictwa ekologicznego, funkcjonujących m.in. w Kanadzie i USA.

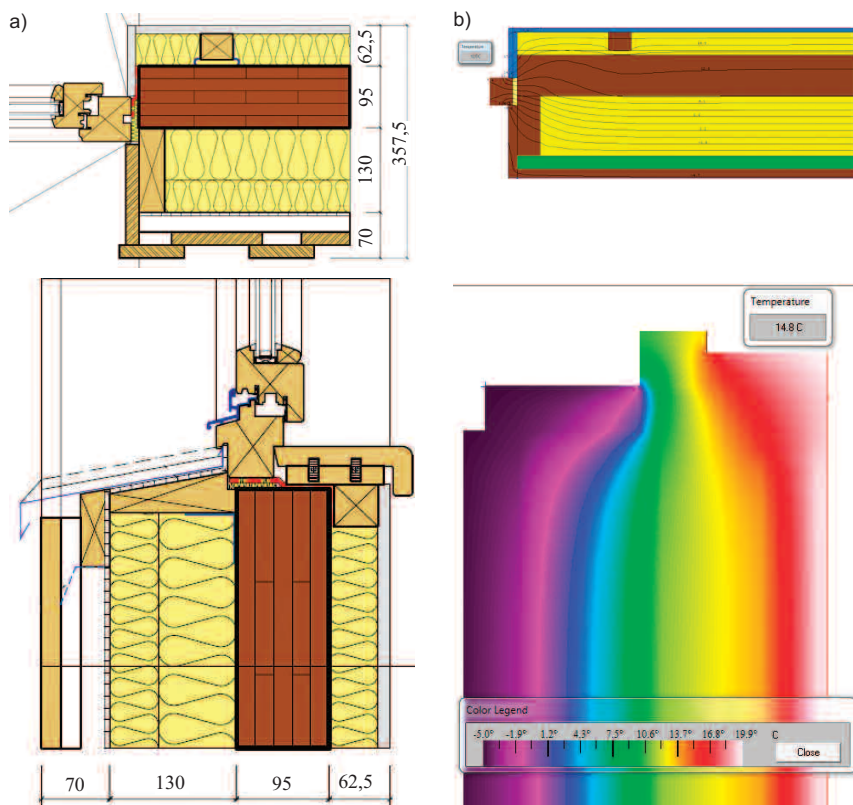
## Literatura

- [1] Cayuela A., R.J. Cole, Alan Kingstone, J. Robinson. 2013. The Centre for Interactive Research on Sustainability, UBC: Creating Net Positive Benefits at Multiple Scales CaGBC National Conference & Expo, Vancouver BC, Net Positive Buildings [SB13].
- [2] Kram Dorota. *Nowoczesne budownictwo na bazie drewna*. VADEMECUM Konstrukcje budowlane – edycja 2015; ISSN 2353-5261 (s. 22 – 26).
- [3] Kram Dorota, Katarzyna Nowak. 2014. „Wpływ rozwiązań detali w budynkach o konstrukcji drewnianej na wartości parametrów cieplnych obudowy”, *Czasopismo Techniczne Architektura* (8): 159 – 168.
- [4] Kram Dorota. 2015. „Materiały budowlane na bazie drewna – obecny stan wiedzy i możliwości stosowania”. *Przegląd Budowlany* (6): 52 – 56. W1 – [http://www.naturi-haus.at/wp-content/uploads/2012/12/Holzblock\\_web.jpg](http://www.naturi-haus.at/wp-content/uploads/2012/12/Holzblock_web.jpg).



Rys. 6. Detal rozwiązania węzła osadzenia stolarki okiennej w budynku szkieletowym: a) przekrój [W2]; b) pola temperatury z programu Therm w węźle [3]

Fig. 6. Connection detail of window sill and external wall: a) cross-section [W2]; b) temperature distribution in the node – the Therm software [3]



Rys. 7. Detal rozwiązania węzła osadzenia stolarki okiennej w budynku płytowym: a) przekrój [W2]; b) pola temperatury z programu Therm w węźle [3]

Fig. 7. Connection detail of window jamb and external wall: a) cross-section [W2]; b) temperature distribution in the node – the Therm software [3]

W2 – <https://www.proholz.at/zuschnitt/67/seitenware>.

W3 – <http://www.gisler-holzbau.ch>

W4 – <https://www.naturallywood.com/wood-design/green-building>.

W5 – [https://raic.org/sites/raic.org/files/awards/images/award\\_recipients/cirs01.jpg](https://raic.org/sites/raic.org/files/awards/images/award_recipients/cirs01.jpg)

W6 – <https://www.sca.com/en/wood/> v– Svenska Cellulosa Aktiebolaget, SCA, 2020.

W7 – <https://www.lignatur.ch/>.



## SODASIL – TiO<sub>2</sub> Extender

- lepsze krycie, wzrost stopnia białości,
- obniżenie kosztów produkcji dzięki zmniejszeniu udziału TiO<sub>2</sub>



Rettenmaier Polska

Sp. z o.o.

Bitwy Warszawskiej 1920 r. 7B

02-366 Warszawa

mobile +48 600 423 423

Tel + 48 22 608 51 00

e-mail: [arbolcel@jrs.pl](mailto:arbolcel@jrs.pl)