

# ENERGOOSZCZĘDNE

budynki w technologii lekkiego szkieletu drewnianego



**dr inż. Paweł Krause**  
Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli  
Wydział Budownictwa, Politechnika Śląska

Jedną z ciekawszych technologii wznoszenia budynków w konstrukcji drewnianej jest lekki szkielet drewniany w postaci prefabrykowanej.

Większość budynków mieszkalnych realizowanych w naszym kraju wykonuje się w technologii tradycyjnej. Dotyczy to zarówno budownictwa jednorodzinnego, jak i wielorodzinnego. Pomimo tego coraz większa liczba inwestorów decyduje się na wykonanie budynku w konstrukcji drewnianej. Mimo dostępności zróżnicowanych technologii budynków drewnianych jedną z najbardziej popularnych jest technologia lekkiego szkieletu drewnianego. W porównaniu do budownictwa tradycyjnego złożone rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne przegród zewnętrznych, na bazie konstrukcji drewnianych, bardzo często powodują znaczną liczbę błędów na etapie projektowania i wykonawstwa. Zminimalizować liczbę potencjalnych nieprawidłowości oraz przyspieszyć proces realizacji obiektu pozwala prefabrykacja, która zyskuje coraz większą popularność. W wielu przypadkach prefabrykowane budynki drewniane charakteryzują się znacznie lepszą izolacyjnością termiczną przegród zewnętrznych od wymaganej wg „warunków technicznych”. W niniejszym artykule przedstawiono próbę oceny stanu

ochrony ciepłej ścian zewnętrznych na przykładzie wybranych rozwiązań budynków mieszkalnych wykonanych w technologii lekkiego szkieletu drewnianego.

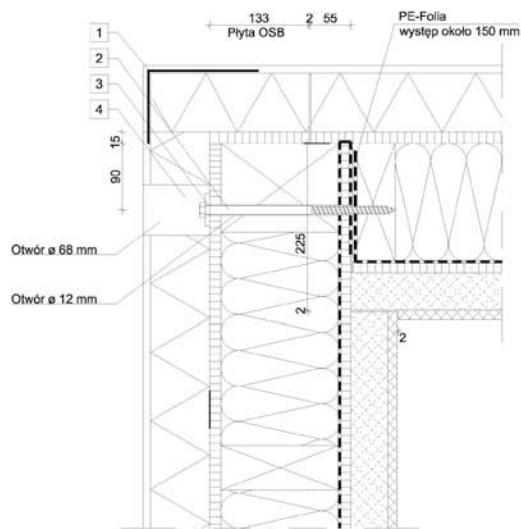
## Metody budowy domów drewnianych

Metody budowy domów drewnianych są zróżnicowane. Budynki drewniane mogą być w całości montowane na placu budowy. Kolejność montażu jest następująca: na przygotowanym wcześniej fundamencie (najczęściej płyta fundamentowa) montuje się podwalinę, na której stawia się ściany. W przypadku budynku parterowego na ścianach zewnętrznych opiera się więzary kratowe, których dolne pasy stanowią jednocześnie elementy stropu parteru lub wykonuje się ciesielską konstrukcję drewnianą dachu. W przypadku budynków z poddaszem użytkowym, na postawionych wcześniej ścianach parteru montuje się elementy stropu. W ten sposób powstaje platforma do montażu ścian kolejnej kondygnacji lub konstrukcji dachowej. Ze względu na montaż ścian poszczegól-



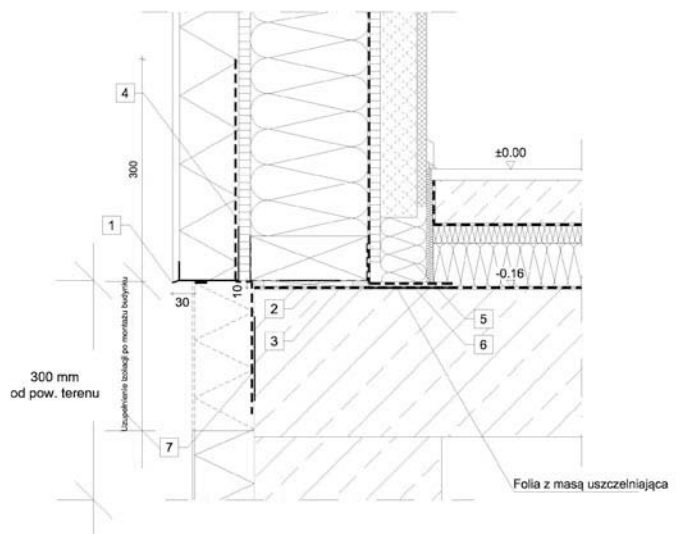
Budynek w technologii modułowej Unihouse

### Ściana zewnętrzna – narożnik zewnętrzny otynkowany



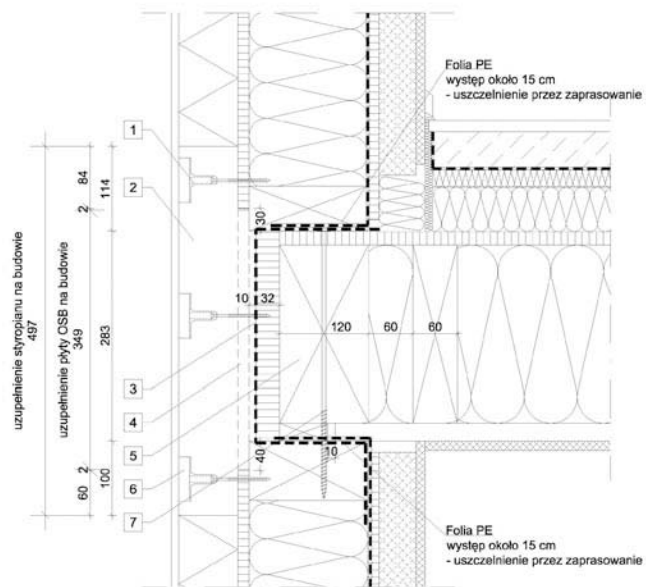
- 1 Kątownik z siatki, 100/150 mm
- 2 Wkręt, 12 x 260 mm, ocynkowany
- 3 Podkładka, dl = 13 mm, da = 37 mm, t = 3 mm, ocynkowana
- 4 EPS-zatyczka,  $\varnothing$  = 68 mm

### Rozwiązanie cokołu – ściana otynkowana



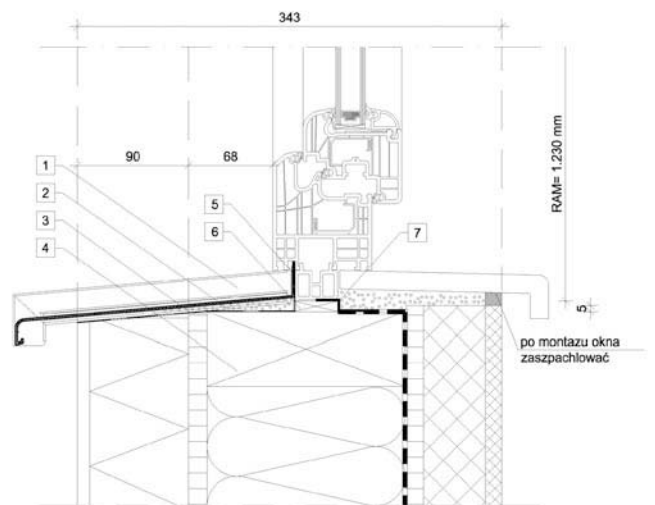
- 1 Szyna cokolowa, 80 mm
- 2 Izolacja pozioma
- 3 Podkładka PCV 70/120 mm (e = 1.250 mm, lub pod pkt. obciążeń wg statyki) grubości 2 mm (Art.Nr.: 162872), 5 mm (Art.Nr.: 162873), 10 mm (Art.Nr.: 162874) - pomiędzy zaprawa cementowa
- 4 EPDM, b = 500 mm
- 5 Wełna mineralna, b = 50 mm
- 6 Masa uszczelniająca dla PE folii
- 7 Masa uszczelniająca dla EPDM

### Ściana – oparcie stropu, belki równoległe



- 1 Kołki H60, 100 mm
- 2 Płyta styropianowa EPS-F, 80 mm
- 3 Folia paroprzepuszczalna
- 4 Uzupełniająca płyta OSB, 12 mm, b = 349 mm
- 5 Belka, C24, 120/240 mm
- 6 Zatyczki EPS na kołki do styropianu H60
- 7 Wkręty z łabami talerzykowymi, 8 x 360 mm, ocynkowane, co 1,25 m mocowane

### Okno PCV – rozwiązanie progu



- 1 Parapet
- 2 Pianka montażowa
- 3 Izolacja pozioma, b = 240 mm
- 4 Belka, C24, 160/60 mm
- 5 Taśma parapetowa, b = 20 mm, 1,5 - 3 mm
- 6 Podkładka, 10 mm
- 7 Taśma uszczelniająca połączona z folią PE, b = 50 mm



nych kondygnacji na powierzchni płaszczyzn kolejnych stropów, metoda ta nazywana jest platformową. W przypadku budynków montowanych na placu budowy można także rozróżnić metodę balonową. Konstrukcja balonowa różni się tym od konstrukcji platformowej, że słupki ścian parteru i piętra lub ścianki kolankowej piętra wykonuje się z jednolitych elementów. Na nich dopiero, po wcięciu w słupki, opiera się belki stropowe. Zaletą konstrukcji balonowej jest to, że w tak wzniesionych budynkach można zastosować ścianki kolankowe w poziomie piętra, na co praktycznie nie pozwala konstrukcja platformowa.

Kolejnym rozwiązaniem są domy prefabrykowane. Prefabrykaty mogą być przygotowane w różnym stopniu zaawansowania. Najprostszym stopniem jest tzw. prefabrykacja otwarta, tj. montaż konstrukcji ścian (słupki + podwalina + oczepek) pokrytych płytą poszycia, bez wypełnienia izolacją termiczną. Z kolei prefabrykacja zamknięta jest najbardziej zaawansowanym stopniem prefabrykacji. Prefabrykaty ściennie w tym przypadku są w całości wykończone – od wewnątrz płytą gipsowo-kartonową, a od zewnątrz warstwą przygotowaną pod wyprawę elewacyjną. Wewnątrz ściany znajduje się izolacja termiczna. Ściana wyposażona jest w kompletną stolarkę okienną i drzwiową. Prefabrykacji poddana jest również konstrukcja dachu, a w przypadkach prefabrykacji najbardziej zaawansowanej na plac budowy dostarczone są elementy dachu z gotowym pokryciem.

Przeprowadzone badania in-situ prefabrykowanych budynków szkieletowych w technologii szkieletu drewnianego wykazały bardzo dobry stan ochrony cieplnej badanych przegród ściennych.

Kolejną technologią wznoszenia budynków to domy modułowe – wysoko zaawansowana prefabrykacja. W metodzie tej (w fabryce domów) przygotowane są moduły przestrzenne budynku lub też całe, małogabarytowe budynki. W mało zaawansowanym budownictwie modułowym poszczególne moduły mogą tworzyć kolejne pomieszczenia budynku. W systemach bardziej zaawansowanych moduły mogą obejmować nawet pół budynku lub, gdy nie jest on duży, całą kondygnację.

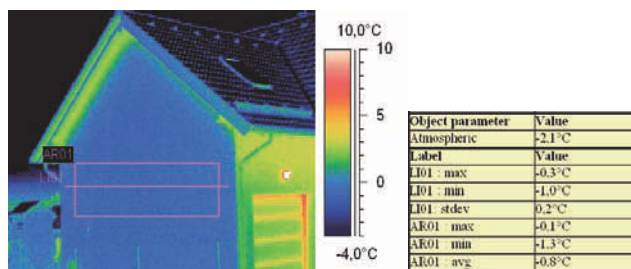
Jednym z najbardziej popularnych rozwiązań budynków wykonywanych w konstrukcji drewnianej są systemy lekkich budynków z drewna. Lekki szkielet drewniany budynku składa się ze słupów, rygli, podwalin i oczepów wykonanych ze stosunkowo wiotkich elementów, w postaci desek lub bali, usztywnionych poszyciem konstrukcyjnym. Powstają w ten sposób sztywne tarcze ściennie, stropowe i dachowe. Rozróżnia się trzy rodzaje lekkich budynków szkieletowych z drewna, w zależności od stopnia sprefabrykowania elementów:

- system żebrowy, tzw. budownictwo „kanadyjskie” – są to lekkie budynki szkieletowe z drewna, wykonywane na placu budowy z poszczególnych liniowych elementów składowych,
- system płytowy, tzw. budownictwo „szwedzkie” lub „fińskie” – budynki są montowane na placu budowy z prefabrykatów płytowych,
- budynki montowane z przestrzennych modułów wielkogabarytowych, których konstrukcja wykonana jest ze sztywnych pionowych i poziomych ram drewnianych, połączonych u producenta w jedną całość. Praktycznie są to gotowe elementy, które należy tylko połączyć ze sobą. Posiadają wykończone ściany, sufity, podłogi oraz mają nawet wbudowane instalacje.

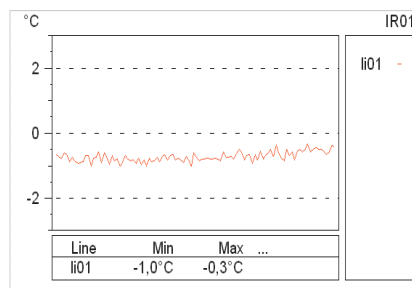
Izolacja termiczna ścian wykonywana jest w kilku warstwach. Na początku lat 90. dopuszczano się rozwiązania w postaci jednowarstwowej izolacji termicznej. Poprawa izolacyjności termicznej przegród skutkowałą rozwiązaniem dwu lub trójwarstwowego układu termoizolacji w lekkich ścianach drewnianych.

### Lekki szkielet drewniany w postaci prefabrykowanej

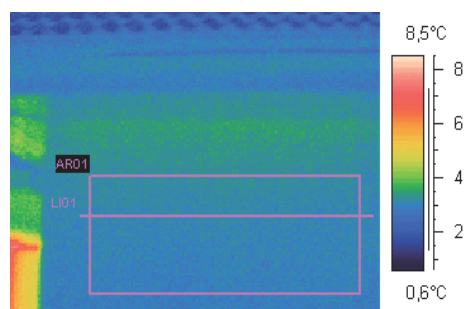
Jedną z ciekawszych technologii wznoszenia budynków w konstrukcji drewnianej jest lekki szkielet drewniany w postaci prefabrykowanej. Aby taki budynek mógł powstać, konieczne jest przygotowanie żelbetowej



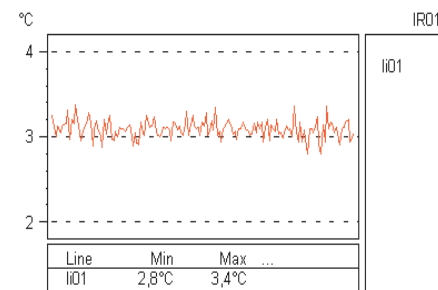
Rys. 1. Przykładowy termogram ściany (I) [1].



Rys. 2. Liniowy rozkład temperatury dla ściany (I) [1, 3].



Rys. 3. Przykładowy termogram ściany (II) [1, 3].



Rys. 4. Liniowy rozkład temperatury dla ściany (II) [1, 3].

plyty fundamentowej, na której montuje się konstrukcję ścienną. Kolejny etap obejmuje montaż stropu nad parterem, montaż ścian kolejnej kondygnacji oraz montaż dachu (więźba dachowa lub prefabrykowane więzary dachowe). Powyższą technologię zobrazowano na stronie 81.

### Izolacyjność cieplna budynków szkieletowych

Zgodnie z obowiązującymi wymaganiami izolacyjność termiczna ścian wewnętrznych wyrażona współczynnikiem przenikania ciepła U, nie powinna być mniejsza niż 0,25 W/(m<sup>2</sup>K). Producenci budynków w technologii szkieletu drewnianego, wychodząc naprzeciw oczekiwaniom rynku, oferują budynki spełniające wymagania w zakresie izolacyjności termicznej dla standardów NF 15 i NF 40 (standardy określone przez NFOŚiGW). O ile spełnienie wymagań dla ściany pełnej w zakresie



# KOMPLEKSOWA BUDOWA DOMÓW I OBIEKTÓW ENERGOOSZCZĘDNYCH

**BEZPIECZEŃSTWO** - RENOMOWANY PARTNER, 45 LAT DOŚWIADCZENIA, GWARANCJA 30 LAT

**EKOLOGIA** - EKOLOGICZNE SUROWCE, STANDARDY NISKOENERGETYCZNE I PASYWNE, ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII, NISKIE KOSZTY MIESZKANIA

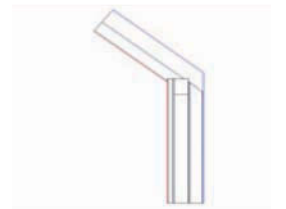
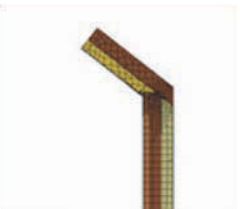

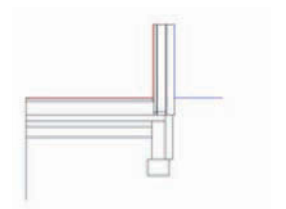
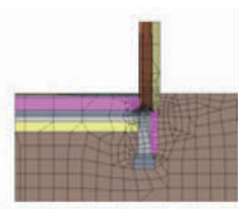

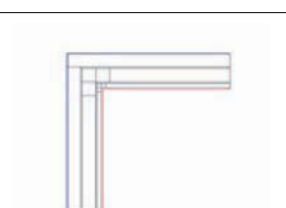
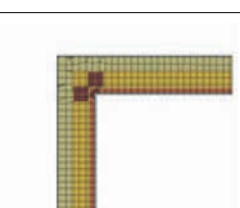
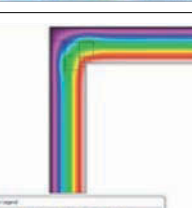
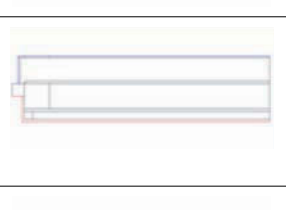
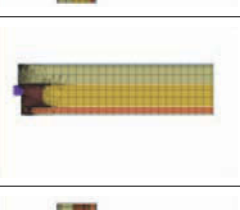
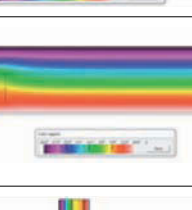
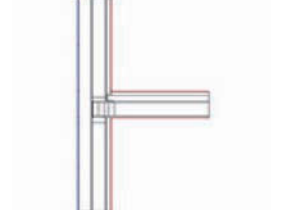
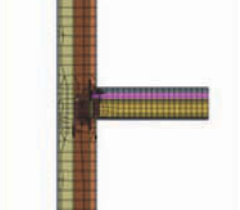
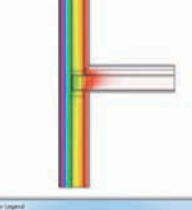
**KOMFORT** - JEDEN GENERALNY WYKONAWCA OD PROJEKTU DO WYKOŃCZENIA, INNOWACYJNE TECHNOLOGIE GRZEWCZE, DOMY INTELIGENTNE, GWARANCJA CENY

**DESIGN** - PROJEKTY NA MIARĘ, REALIZACJA PROJEKTÓW KLIENTA, INNOWACJA, ELASTYCZNOŚĆ



[www.wolfhaus.pl](http://www.wolfhaus.pl)

Tabela 1. Zestawienie mostków termicznych i obliczenia liniowych współczynników przenikania ciepła dla przegród w budynku szkieletowym NF40 [4].

Model AutoCAD	Model THERM	Rozkład pola temperatury 2D	Spełnienie wymagań NFOŚ
			TAK $\psi = 0,080 \leq \psi_{\max} = 0,1$ [W/mK]
			TAK $\psi = -0,191 \leq \psi_{\max} = 0,1$ [W/mK]
			TAK $\psi = -0,119 \leq \psi_{\max} = 0,1$ [W/mK]
			TAK $\psi = 0,020 \leq \psi_{\max} = 0,1$ [W/mK]
			TAK $\psi = 0,028 \leq \psi_{\max} = 0,1$ [W/mK]

izolacyjności termicznej nie jest dużym problemem, o tyle bardzo ważną kwestią jest spełnienie wymagań dotyczących mostków termicznych typu liniowego. Aby sprawdzić, czy możliwe jest spełnienie ww. wymogów dla budynków szkieletowych, dokonano obliczeń sprawdzających. Liniowe współczynniki przenikania ciepła mostków termicznych liniowych  $\psi_e$  w odniesieniu do wymiarów zewnętrznych obliczono przy wykorzystaniu metod numerycznych zgodnie z normą PN-EN ISO 10211:2008. Wykorzystano program Therm 7.2. Wytypowane do analizy numerycznej mostki termiczne, wraz z uzyskanymi wynikami zestawiono w tabeli 1 [4].

W celu rzeczywistej oceny stanu ochrony cieplnej budynków wykonanych w postaci lekkiego szkieletu drewnianego w latach 2010-2013 wykonano pomiary termowizyjne. Badaniom poddano jednorodzinne budynki mieszkalne. Przedmiotowe budynki, zlokalizowane na terenie Górnego Śląska są budynkami niepodpiwniczonymi. Rozpatrywano budynki parterowe oraz budynki z tzw. poddaszem użytkowym. Ściany zewnętrzne, w rozpatrywanych budynkach, wykonano w postaci przegród oznaczonych jako ściana „Thermo-Wand” lub „Thermo-Mega-Wand” (Wolf System), o współczynnikach przenikania ciepła odpowiednio 0,19 W/(m<sup>2</sup>K) i 0,16 W/(m<sup>2</sup>K). Konstrukcja dachu ocieplona dwuwarstwowo o współczynniku przenikania ciepła na poziomie 0,18-0,24 W/(m<sup>2</sup>K).

W celu oceny jakościowej izolacyjności termicznej ścian zewnętrznych wykonano badania termowizyjne budynków. Głównym celem przeprowadzonych badań była ocena jednorodności izolacyjności cieplnej ścian zewnętrznych oraz dodatkowo jakość cieplna połączeń poszczególnych prefabrykowanych elementów ściennych. Wiąże się to z zastosowanymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi tzn. występowaniem lekkiego szkieletu drewnianego z wypełnieniem wełną mineralną. Warstwę fakturową ścian zewnętrznych stanowi (w większości przypadków) tynk cienkowarstwowy, wykonany w systemie ETICS, z izolacją termiczną w postaci styropianu zróżnicowanej grubości. Pomiary termowizyjne wykonano przy minimalnej różnicy temperatury wynoszącej 15 K. Badania przeprowadzono od strony wewnętrznej i zewnętrznej.

Określenie jednorodności cieplnej ścian zewnętrznych wymagało dokonania termicznej analizy otrzymanych termogramów. Istotnym było określenie minimalnej i maksymalnej temperatury dla określonej powierzchni przegrody oraz przedstawienie liniowego rozkładu temperatury (wzdłuż poziomej linii). Przykładowy termogram dla wybranej ściany zewnętrznej, wykonanej jako ściana tzw. „Thermo-Wand” [U = 0,19 W/(m<sup>2</sup>K)], przedstawiono na rys. 1. Dodatkowo załączono wartości temperatury wewnętrznej oraz otrzymane wyniki pomiarów. Temperatura powietrza



wewnętrznych w przedmiotowych budynkach wynosiła  $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  [1] dla przykładowej ściany zewnętrznej (rys. 1).

Minimalna temperatura powierzchni ściany w rozpatrywanym polu AR01 wynosiła  $-1,3^{\circ}\text{C}$ , maksymalna  $-0,1^{\circ}\text{C}$ . Temperatura średnia w polu wyniosła  $-0,8^{\circ}\text{C}$ . Maksymalna różnica temperatury w polu AR01 wynosiła 1,2 K. Analiza liniowego rozkładu temperatury wzdłuż poziomej linii oznaczonej LI01 wykazała występowanie minimalnej temperatury na poziomie  $-1,0^{\circ}\text{C}$  i maksymalnej równej  $-0,3^{\circ}\text{C}$ . Odchylenie standardowe wynosiło  $0,2^{\circ}\text{C}$ . Maksymalna różnica temperatury dla analizowanej linii wynosiła 0,7 K. Rozkład liniowy temperatury przedstawiono na rys. 2 [3].

Przykładowy termogram dla budynku, którego ściany zewnętrzne wykonano jako „Thermo-Mega-Wand” [ $U = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ] przedstawiono na rys 3.

Temperatura otoczenia podczas badań wynosiła  $1,7^{\circ}\text{C}$ . Pomiar temperatury wewnątrz budynku wykazał temperaturę na poziomie  $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Minimalna temperatura powierzchni ściany w rozpatrywanym polu wynosiła  $2,7^{\circ}\text{C}$ , a maksymalna  $3,5^{\circ}\text{C}$ . Temperatura średnia w polu wyniosła  $3,1^{\circ}\text{C}$ . Maksymalna różnica temperatury w polu AR01 wynosiła 0,8 K. Analiza liniowego rozkładu temperatury wzdłuż poziomej linii oznaczonej LI01 wykazała występowanie minimalnej temperatury na poziomie  $2,8^{\circ}\text{C}$ , maksymalnej równej  $3,4^{\circ}\text{C}$ . Odchylenie standardowe wynosi  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Maksymalna różnica temperatury dla analizowanej linii wynosi 0,6 K. Rozkład liniowy temperatury przedstawiono na rys. 4 [1, 3].

Przeprowadzone badania pozwoliły na dokonanie oceny stanu ochrony ciepłej ścian zewnętrznych wykonanych w postaci prefabrykowanego szkieletu drewnianego. W większości przypadków w lokalnych warunkach meteorologicznych stwierdzono rozkład temperatury zbliżony do jednorodnego. Maksymalne różnice temperatury w polach analizowanych budynków nie przekraczały 1,5 K. Maksymalne różnice temperatury w linii LI01 nie przekraczały 1 K. Przeprowadzone badania in-situ prefabrykowanych budynków szkieletowych w technologii szkieletu drewnianego wykazały bardzo dobry stan ochrony ciepłej badanych przegród ściennych oraz rozkład temperatury ścian pełnych zbliżony do jednorodnego [3].

#### Literatura:

[1] Krause P., Steidl T. Badania termowizyjne budynków wykonanych w technologii Wolfssystem. Praca niepublikowana 2009 r.

[2] Klemm P. i in., Budownictwo ogólne. Tom IV. Arkady, Warszawa (2009).

[3] Krause P., Jakość cieplna prefabrykowanych budynków wykonanych w technologii lekkiego szkieletu drewnianego, „Energia i Budynek”, nr 7/2011, s. 42-44.

[4] Materiały własne Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego www.lbe.org.pl



Budynki w technologii modułowej Unihouse



## PŁYTKI KOLCZASTE DMX®



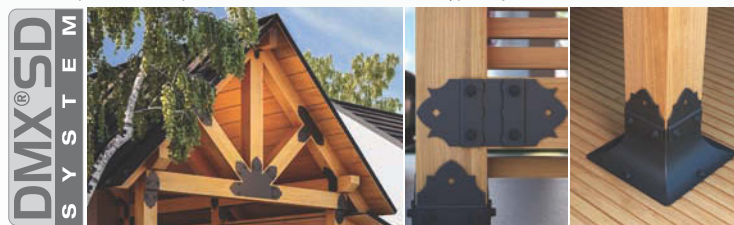
## WKRĘTY CIESIELSKIE DMX®



## ŁĄCZNIKI DO DREWNA DMX®



W naszej ofercie znajdziecie Państwo m.in. dekoracyjne łączniki do drewna DMX® SD



[www.dmxsystem.com](http://www.dmxsystem.com)

**domax**

Producent łącz DMX® do drewna:

**DOMAX Sp z o.o.**

Łężyce al. Parku Krajobrazowego 109, 84-207 Koleczkowo

tel. +48 58 665 82 22, fax +48 58 665 81 20, domax@domax.com