

**Gabriela RUTKOWSKA**

Katedra Budownictwa i Geodezji SGGW w Warszawie  
Department of Civil Engineering and Geodesy WULS – SGGW

**Przemysław LIPIŃSKI**

## **Analiza porównawcza rozwiązań strukturalno-materiałowych przegród poziomych w budownictwie jednorodzinny Comparative analysis of structural-material solutions of horizontal partitions in individual housing**

**Słowa kluczowe:** przegrody poziome, rozwiązania strukturalno-materiałowe, dom jednorodzinny

**Key words:** horizontal partitions, structural-material solutions, individual house

### **Wprowadzenie**

Rozwój techniczny, jaki następuje od czasu rewolucji przemysłowej, dotyczy w znacznym stopniu także budownictwa. W XX wieku, a przede wszystkim w jego drugiej połowie wprowadzono do budownictwa wiele zupełnie nowych materiałów lub też zmodernizowanych w wyniku rozwoju technologicznego. Rozpoczęto również stosowanie nowych systemów w konstrukcji poszczególnych elementów obiektów budowlanych.

Zasady konstruowania budynków, ich projektowania i wykonywania nie zmieniły się zasadniczo przez ostatnie lata. Zmianom uległy właściwości i jakość materiałów budowlanych

w związku ze stawianymi, coraz ostrzejszymi wymogami dla całych konstrukcji i poszczególnych elementów konstrukcyjnych obiektów budowlanych, w tym również stropu (Drobiec i Pająk 2005).

Poprawa właściwości stropu możliwa jest poprzez zwiększenie izolacyjności przed stratą ciepła (przy stropach dzielących kondygnacje ogrzewane od nieogrzewanych), zwiększenie izolacyjności akustycznej w celu zapewnienia komfortu mieszkańców oraz ekonomiczność wykonania stropu, czyli osiągnięcie pewnego kompromisu między jakością i jego właściwościami a ceną (Michalak i Pyrak 2004).

### **Metoda pracy i założenia badawcze**

Metodyka badawcza pracy oparta jest na krytycznej analizie literatury przedmiotu, wyborze i analizie obiektów

zrealizowanych oraz syntezie badań. Analiza literatury przedmiotu dotyczy zagadnień związanych z konstrukcją i materiałami stosowanymi przy wykonywaniu przegród poziomych – stropów w budynkach jednorodzinnych. Wybór budynków jednorodzinnych oraz ich analiza dotyczy 9 przykładów obiektów wybudowanych w powiecie kętrzyńskim. Przykłady te pozyskane zostały z przeprowadzonych bezpośrednich badań terenowych. Wyboru budynków wykorzystanych do analizy dokonano w taki sposób, aby można było przedstawić typowe rozwiązania konstrukcyjne stropów, stanowiących główną gałąź rozwiązań na badanym terenie.

Strop to przegroda pozioma, element konstrukcyjny, który dzieli budynek na poszczególne kondygnacje, złożony z konstrukcji nośnej, izolacji, podłogi i podsufitki. Zadaniem jego jest przeniesienie obciążeń stałych wynikających z konstrukcji budynku, czyli od ciężaru i ciężaru własnego ścian działowych oraz od obciążeń zmiennych, czyli użytkowych, związanych z zagospodarowaniem i charakterem użytkowania obiektu. Jednocześnie strop powinien spełniać wymagania izolacji termicznej, jak

również powinien usztywniać budynek w kierunku poziomym i zwiększać jego sztywność przestrzenną. Zasady obliczania współczynnika oporu ciepła i współczynnika przenikania ciepła zawiera norma PN-EN ISO 6946:1999, natomiast wielkości współczynnika przenikania ciepła ( $U_k$ ) dla stropów w budynkach jednorodzinnych zawiera załącznik do rozporządzenia Ministra Infrastruktury (tab. 1) – Rozporządzenie MI (2002), NP-EN ISO 6946:1999.

Zalecane wartości wskaźników izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych w budynkach jednorodzinnych zawiera norma PN-B-02151-3:1999 (tab. 2).

Stropy muszą więc spełniać stawiane im wymagania dotyczące wytrzymałości, sztywności, izolacyjności, ognioodporności, trwałości itp. Jednocześnie powinny charakteryzować się małą pracochłonnością przy realizacji oraz jak najniższym kosztem (Lenard 1993).

W niniejszym artykule przedstawiono ogólną charakterystykę 9 budynków jednorodzinnych oraz zestawiono otrzymane wyniki analizy dla wszystkich zbadanych obiektów.

TABELA 1. Wartości maksymalne współczynnika  $U_k$  stropów i stropodachów (Rozporządzenie MI 2002)

TABLE 1. Maximum values of the coefficient  $U_k$  for ceilings and flat roofs

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu The baffle type vs. temperature in room	$U_{k \max}$ [ $W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$ ]
Stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami: a) przy $t_i > 16^\circ C$	0,3
b) przy $8^\circ C < t_i \leq 16^\circ C$	0,5
Strop nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi	0,6
Stropy nad piwnicami ogrzewanymi	bez wymagań

$t_i$  – temperatura obliczeniowa zgodnie z § 134 ust. 2 rozporządzenia.

TABELA 2. Zalecane wartości wskaźników izolacyjności akustycznej stropu wewnątrz budynku jednorodzinne (PN-B-02151-3:1999)

TABLE 2. Recommended values of a ceiling acoustic insulating power coefficient inside a single-family building

Przegroda Baffle	Wskaźniki izolacyjności w zależności od standardu akustycznego budynku [dB] Insulating power coefficient vs. building acoustic standard [dB]			
	standard podstawowy		standard podwyższony	
	$R_{A1 \text{ min}}$	$L_{n,w \text{ max}}$	$R_{A1 \text{ min}}$	$L_{n,w \text{ max}}$
Strop nad pomieszczeniami mieszkalnymi	45 <sup>1)</sup>	63 <sup>1)</sup>	50 <sup>1)</sup>	53 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Wymaganie nie dotyczy stropów między pomieszczeniami połączonymi wewnętrzną klatką schodową.

## Charakterystyka budynków jednorodzinnych

1. Dom jednorodzinny parterowy, częściowo podpiwniczony, z poddaszem mieszkalnym, zbudowany około 1930 roku, zmodernizowany i rozbudowany w 1999 roku, o powierzchni zabudowy 94,2 m<sup>2</sup>, powierzchni użytkowej 96,7 m<sup>2</sup> oraz kubaturze 566,0 m<sup>3</sup>.

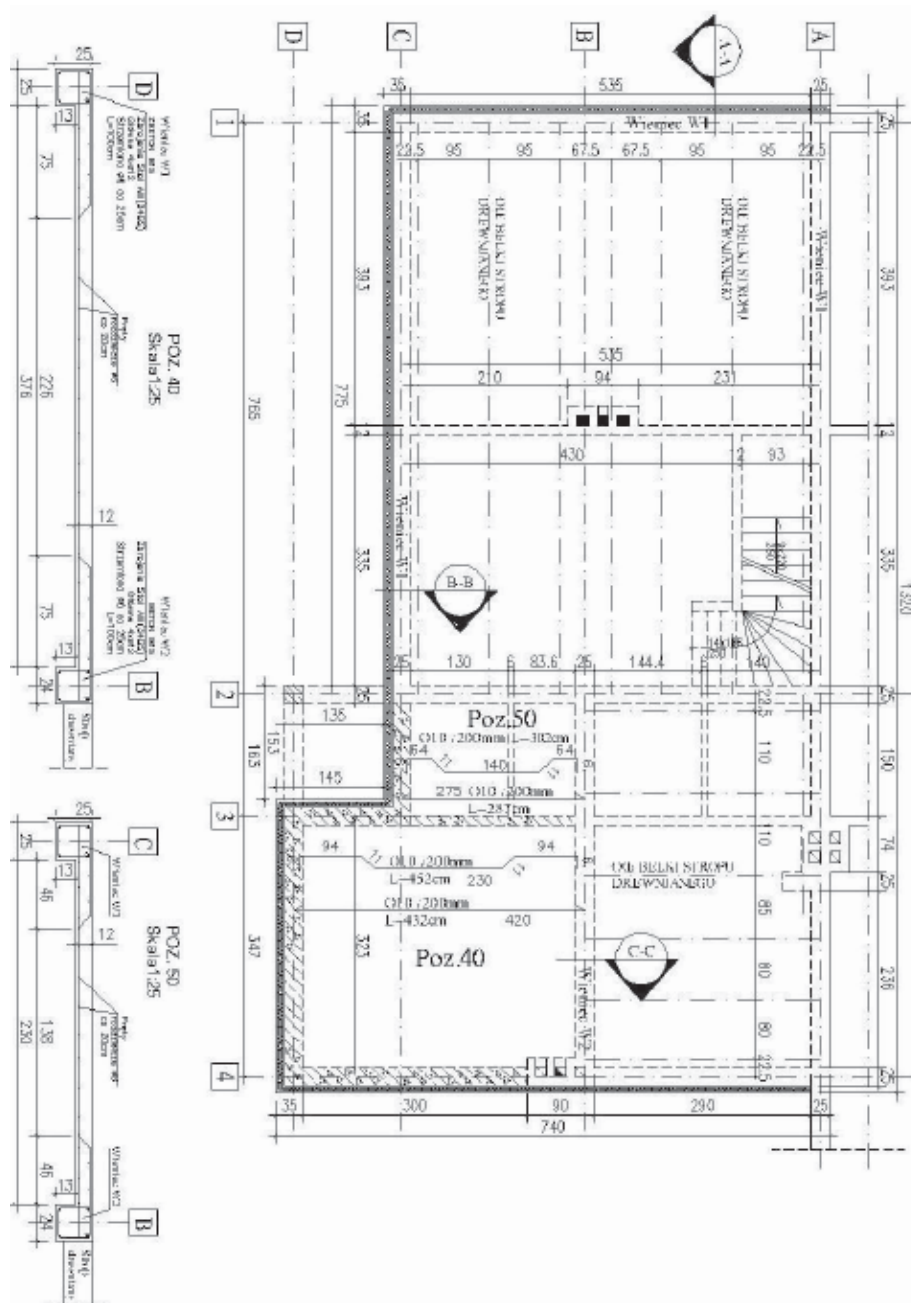
Nad piwnicą wykonano strop ceglany oparty na belkach stalowych, a nad parterem i poddaszem stop drewniany ze ślepym pułapem ocieplony glinobitką. Nad nowo projektowanymi pomieszczeniami zastosowano strop żelbetowy, monolityczny, jednokierunkowo zbrojony, o grubości płyty 12 cm, z betonu klasy B15 (C12/15). W poziomie stropów przyjęto wieńce wylewane również z betonu B15 (C12/15), opuszczone o 8 cm. Strop stanowi konstrukcję ze ślepym pułapem (rys. 1 i 2, detale A–A, B–B oraz C–C), gdzie kolejne warstwy stanowi: podbitka, konstrukcja z łąt 40 × 40 utrzymująca podbitkę, następnie pustka powietrzna oraz glinobitka (stanowiąca izolację akustyczną), całość przykryta jest podłogą wykonaną z desek sosnowych.

2. Budynek jednorodzinny niepodpiwniczony, piętrowy z poddaszem użytkowym, wybudowany w 2000 roku, o powierzchni użytkowej 235,6 m<sup>2</sup>. Nad parterem i nad piętrem zastosowano strop żelbetowy TERIVA i NOVA o rozstawie belek 60 cm, z żebrami rozdzielczymi.

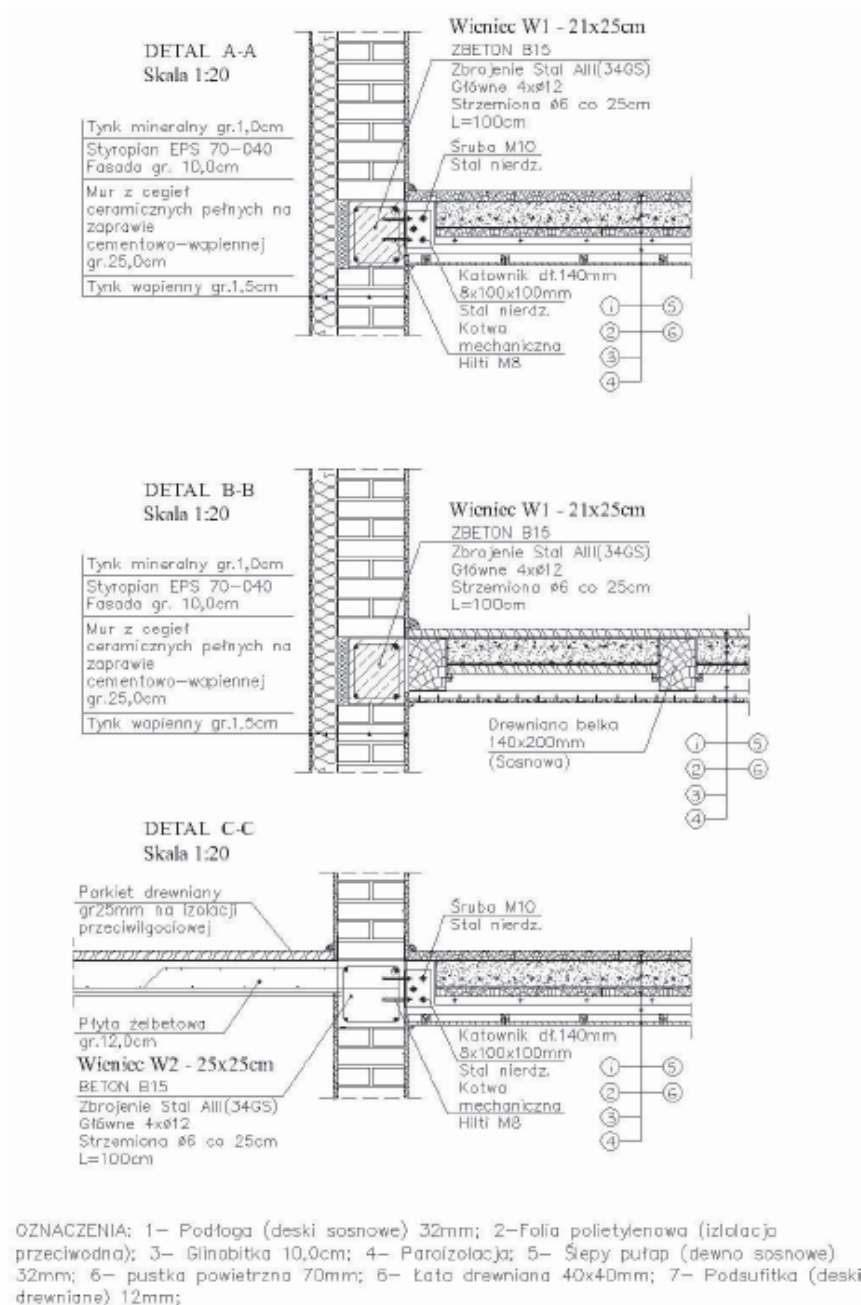
3. Dom jednorodzinny niepodpiwniczony, parterowy z poddaszem użytkowym o powierzchni użytkowej 106,5 m<sup>2</sup>. Zaprojektowany strop monolityczny żelbetowy stanowi przegrodę między kondygnacjami. W zależności od rozpiętości stropu zbrojenie stanowi płyta o grubości 10 cm, zbrojona jedno- lub dwukierunkowo. Wieniec opuszczony jest o 15 cm.

4. Dom parterowy z mieszkalnym poddaszem, całkowicie podpiwniczony, wybudowany w 1994 roku, o powierzchni użytkowej 175,3 m<sup>2</sup>. Strop zaprojektowano z płyt żerańskich, przy częściowym wykorzystaniu belek stalowych jako uzupełnienie, między którymi wypełnienie stanowią płyty monolityczne wykonywane na mokro. Do wykonania stropu użyto płyt o rozpiętości 540 oraz 600 cm.

5. Dom jednorodzinny niepodpiwniczony, parterowy z poddaszem nieużytk-



RYSUNEK 1. Widok konstrukcyjny stropu nad parterem (opracowanie własne na podstawie dokumentacji projektowej)  
 FIGURE 1. Construction view of the ceiling over a ground floor (the idea of Author, based on the design documentation)



RYSUNEK 2. Widok konstrukcyjny stropu nad parterem (opracowanie własne na podstawie dokumentacji projektowej)

FIGURE 2. Construction view of the ceiling over a ground floor (the idea of Author, based on the design documentation)

kowym o powierzchni zabudowy 126,0 m<sup>2</sup>, wybudowany w 2004 roku. Pierwotny projekt został zmieniony i zastosowano w nim jednolitą konstrukcję dachu i stropu jako przestrzennej kratownicy wykonanej z drewna sosnowego klasy K-27.

6. Dom parterowy z poddaszem użytkowym, podpiwniczony, o powierzchni użytkowej 204,0 m<sup>2</sup>, wybudowany w 1994 roku. Strop zaprojektowano prefabrykowany, kanałowy (z płyt żerańskich), o rozpiętości 600 i 420 mm, grubość płyty 24 cm.

7. Budynek jednorodzinny parterowy, częściowo podpiwniczony, z nieużytkowym poddaszem, o powierzchni użytkowej 208,7 m<sup>2</sup>. Strop zaprojektowano pierwotnie na przykrycie stropem TERIVA, jednakże przeprojektowano go na strop z płyty żerańskiej wielokanałowej o grubości 24 cm. W konstrukcji stropu wykorzystano płyty o rozpiętości 535, 505, 435, 388, 322 i 252 cm, dzięki czemu przy szerokości płyt 150 i 90 cm przykryto cały parter, bez konieczności uzupełniania przykrycia innymi systemami.

8. Budynek jednorodzinny rozbudowany w 2001 roku, parterowy, z poddaszem użytkowym, o powierzchni użytkowej 129,7 m<sup>2</sup>. Strop nad dobudowanymi pomieszczeniami w poziomie piwnicy wykonano jako strop gęstożebrowy na styropianowej płycie szalunkowej typu J-S. Wysokość stropu wynosi 25,5 cm: płyta styropianowa 20,5 cm oraz nadbeton klasy B-20 (C16/20) o grubości 5 cm.

9. Budynek jednorodzinny parterowy, częściowo podpiwniczony, z poddaszem użytkowym, wybudowany

w 1962 roku. Strop, jaki zastosowano nad piwnicą i nad parterem, to strop Kleina. Posiada on nietypowe belki stalowe o przekroju ceowym i wysokości 16 cm, które zostały wykorzystane w wyjątkowo dużej rozstawie. Ze względu na zmianę przeznaczenia poddasza na użytkowe wprowadzono zmiany konstrukcyjne, mające na celu modernizację stropu. Zaprojektowano wzmocnienie stropu dodatkową 10-centymetrową warstwą płyty żelbetowej na warstwie utwardzonego styropianu M30, o grubości 5 cm.

### **Wyniki badań (dla wszystkich zbadanych budynków jednorodzinnych)**

Przy porównaniu konstrukcji stropów i materiałów użytych do ich wykonania brano pod uwagę możliwe do napotkania trudności – czy można wykonać go systemem gospodarczym, czy potrzebna jest fachowa wiedza i doświadczenie. Brano też pod uwagę koszt wykonania, stropów, czyli pracochłonność, koszty wykorzystania ciężkiego sprzętu oraz czas, po jakim będzie można prowadzić dalsze prace po wykonaniu stropu. Analizując właściwości cieplne badanych stropów, brano pod uwagę układ warstw w konstrukcji stropu oraz wielkość współczynników przewodzenia ciepła, które obliczano na podstawie dokumentacji wykonawczej (tab. 3).

Grubość zastosowanej warstwy styropianu czy też wełny mineralnej w badanych budynkach, przy założeniu  $U_{kmax} = 0,6 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K})^{-1}$ , wynosi 5–6 cm, a przy  $U_{kmax} = 0,3 \text{ W} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{K})^{-1}$  wynosi 15–20 cm.

TABELA 3. Zestawienie zastosowanych konstrukcji, użytych materiałów oraz obliczony współczynnik przenikania ciepła

TABLE 3. List of the construction types applied and the materials used in the buildings as well as the calculated overall heat transfer coefficient

Badany budynek Building being tested	Zastosowany rodzaj konstrukcji Applied construction type	Zastosowany materiał do konstrukcji Material applied to construction	Osiągnięty współczynnik $U_k$ [ $W \cdot (m^2 \cdot K)^{-1}$ ] Obtained coefficient $U_k$
1	2	3	4
1	strop TERIVA i NOVA max rozpiętość – 4,65 m rozstaw belek 60 cm żebro rozdzielcze wieńiec opuszczony nadproże – 2 belki dwuteowe 160	pustaki stropowe keramzytobetonowe belki typu Teriva ze stopką z betonu C16/20 nadbeton i beton wieńca C12/15 wieńiec zbrojony 4 Ø12, strzemiona Ø6 co 30 cm żebro rozdzielcze 2 Ø12, strzemiona Ø6 co 30 cm	brak warunku do spełnienia
2	strop monolityczny żelbetowy max rozpiętość – 3,90 m co drugi pręt siatki odgięty przy podporze do góry wieńiec opuszczony strop drewniany ze ślepym pułapem rozstaw belek, co 95 cm	beton płyty i wieńca C12/15 zbrojenie płyty Ø10 co 10 cm, rozdzielcze Ø6 co 20 cm wieńiec zbrojony 4 Ø12, strzemiona Ø6 co 25 cm belki sosnowe 140 x 200 glinobitka ułożona na izolacji z folii polietylenowej	piwnice/partier $U = 0,561 < U_{max} 0,6$  parter/poddasze nieogrzewane $U = 0,217 < U_{max} 0,3$
3	strop monolityczny żelbetowy max rozpiętość – 5,0 m wieńiec opuszczony płyta jedno- i dwukierunkowo zbrojona	beton płyty i wieńca C12/15 grubość płyty 10 cm	parter/poddasze nieogrzewane $U = 0,288 < U_{max} 0,3$
4	strop z płyt kanałowych część stropu wylewana na mokro oparta na dwuteowniku 180 grubość płyty 10 cm	płyty o rozpiętości 540 i 600, grubości 24 cm beton wieńca C12/15 wieńiec zbrojony 4 Ø10, na styku doczołowym płyt 3 Ø 10, strzemiona Ø6 co 30 cm	parter/poddasze nieogrzane $U = 0,293 < U_{max} 0,3$
5	prefabrykowany dźwigar kratowy mocowanie do murlaty opartej na wieńcu	dźwigar wykonany z drewna sosnowego klasy K-27, łączony za pomocą płytek kolczastych	parter/poddasze nieogrzane $U = 0,288 < U_{max} 0,3$

cd. tabeli 3

1	2	3	4
6	strop z płyt kanałowych uzupełnienie w postaci płyt wylewanych na mokro	płyty o rozpiętości 420 i 600, grubości 24 cm wieniec zbrojony 4 Ø10, na styku doczołowym płyt 3 Ø10, strzemiona Ø6 co 30 cm beton wieńca C12/15	brak warunku do spełnienia
7	strop z płyt kanałowych	płyty o rozpiętości 535, 505, 435, 388, 322 i 252, gru- bości 24 cm wieniec zbrojony 4 Ø12, strzemiona Ø6 co 25 cm beton wieńca C12/15	piwnica/parter $U = 0,571 < U_{\max} 0,6$ parter / poddasze nieogrzane $U = 0,251 < U_{\max} 0,3$
8	strop typu J-S	płyta styropianowa J-S grubości 20,5 cm nadbeton i beton wieńca C16/20 grubość płyty 25 cm wieniec zbrojony 4 Ø12, strzemiona Ø6 co 20 cm	brak warunku do spełnienia
9	strop Kleina płyta wylewana na mokro na istniejącej płycie Kleina	belki stalowe o przekroju ceowym 160 warstwa nadbetonu płyty grubości 10 cm zbrojenie płyty Ø14 co 12,5 cm, zbrojenie roz- dzielcze Ø6 co 25 cm wieniec zbrojony 4 Ø10	brak warunku do spełnienia

## Podsumowanie i wnioski

Obszar, na którym przeprowadzono badania, był opóźniony we wprowadzaniu nowych technologii w budownictwie jednorodzinym. Powodem tego było stosowanie głównie tradycyjnych i sprawdzonych rozwiązań oraz położenie – obszar północno-wschodniej Polski jest jednym z najwolniej rozwijających się regionów kraju pod względem gospodarczym.

Na podstawie przeprowadzonej analizy porównawczej materiałowo-konstrukcyjnej przegród poziomych w bu-

downictwie jednorodzinym w powiecie kętrzyńskim wyciągnięto następujące wnioski:

- wymaganą izolacyjność termiczną osiąga się poprzez zastosowanie izolacji w postaci dodatkowej warstwy styropianu lub wełny mineralnej,
- w nowo projektowanych budynkach jednorodzinnych wykorzystuje się jedynie znane i sprawdzone konstrukcje stropów,
- w przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono występowania konstruk-



- cji z użyciem takich materiałów, jak ceramika czy beton komórkowy,
- w 66% budynków zastosowano mało nowoczesne rozwiązania, niepreferowane przez literaturę przedmiotu jako stropy zaprojektowane dla budownictwa jednorodzinnego (33% obiektów ma strop z płyt kanałowych, 22% – strop żelbetowy monolityczny, a pozostałe 11% domów to zmodernizowany strop Kleina przy zastosowaniu wylewki żelbetowej),
  - na danym terenie nie występują (poza jednym obiektem) stropy gęstożebrowe, jak również stropy drewniane (jedynie jeden budynek ma konstrukcję z zastosowaniem dźwigara kratowego),
  - w 33% badanych domów zastosowano nowoczesne rozwiązania (strop gęstożebrowy TERIVA w 11%, prefabrykowany dźwigar kratowy w 11% oraz płyta stropowa J-S również w 11%).

## Literatura

- DROBIEC Ł., PAJĄK Z. 2005: Stropy gęstożebrowe stosowane współcześnie: *Materiały Budowlane* 3 (391).
- JARMONTOWICZ R., KLIMM J. 2005: Stropy ceramiczno-żelbetowe. *Materiały Budowlane* 3 (391).
- JARMONTOWICZ R., SIECZKOWSKI J. 2006: Przegląd rozwiązań stropów żelbetowych – część I. *Materiały Budowlane* 5 (405).
- KLIMM J. 2001: Stropy Porotherm z ceramiki poryzowanej. *Materiały Budowlane* 3 (343).
- LENARD J. 1993: Budownictwo wiejskie. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- LENKIEWICZ W., PYRAK S. 1989: *Konstrukcje domów jednorodzinnych i małych budynków. Projektowanie i obliczanie*. Arkady, Warszawa.
- MICHALAK H., PYRAK S. 2004: Domy jednorodzinne, konstruowanie i obliczanie. Arkady, Warszawa.
- PN-EN ISO 6946:1999 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.
- PN-B-02151-3:1999 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania.
- Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, którym powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU nr 75, poz. 690).
- SZYMAŃSKI E. 2002: *Materiałoznawstwo budowlane z technologią betonu*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

## Summary

**Comparative analysis of structural-material solutions of horizontal partitrons in individual housing.** The paper presents a comparative analysis of structural-material solutions of vertical baffles in single-family housing. The subject of field investigations were modern dwelling houses localized near Kętrzyn. Basing on 9 buildings, there have been presented some constructive solutions, the materials possible to application as well as the way of construction of the baffles in an individual type of ceiling. For each ceiling construction type the overall heat transfer coefficient has been calculated.

### Author's address:

Gabriela Rutkowska  
 Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego  
 Katedra Budownictwa i Geodezji  
 ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa  
 Poland  
 e-mail: gabriela\_rutkowska@sggw.pl