

# Wybrane parametry cieplne PODŁÓG i POSADZEK

Przenikaniu ciepła przez podłogi i posadzki oraz związanym z nim stratom ciepła poświęca się w literaturze technicznej stosunkowo dużo uwagi. W marginalny sposób natomiast traktuje się procesy cieplne związane z oddziaływaniem cieplnymi użytkownikom pomieszczeń.

Podobnie jak podejście do zagadnień związanych z właściwościami cieplnymi podłóg i ich wewnętrznej warstwy – posadzek – ma niewątpliwie związek z obecnym problemem izolacyjności cieplnej i właściwościami energetycznymi budynku i jego komponentów w formie odpowiednich punktów i wskaźników wytycznych techniczno-budowlanych. Przypływy z kolei nie regulują właściwości konstrukcji pod względem odczuć cieplnych czy komfortu cieplnego użytkowników.

W artykule zostaną omówione i skomentowane podstawowe właściwości podłóg i posadzek, dotyczące przenikania ciepła i przyswajania ciepła. Najwięcej uwagi będzie poświęcone ciepłochłonności posadzek drewnianych.

## PODŁOGA I POSADZKA – na czym polegają różnice

Potoczny termin „podłoga” nazywano jest posadzką. Tymczasem z dawna elementu konstrukcyjnego nie są tożsame.

Podłoga jest poziomą przegrodą budowlaną składającą się z reguły z kilku warstw pełniących różne funkcje. Może się składać z warstw:

- podkładowej,
- wyrównawczej,
- izolacyjnej (z izolacją cieplną i/lub akustyczną) oraz powłok:
- wodoodpornej,
- parochronnej.

Cały ten układ warstwowy umieszczony jest na warstwie konstrukcyjnej lub wykonawczej w układ nośny, jak to jest np. w przypadku podłóg w stropie. W zależności od rodzaju cieplna czy akustyczna może wykonać przestrzeń między belkami. Elementem konstrukcyjnym w podłogach na gruncie będzie płyta podłożna na gruncie lub warstwy podłożne, natomiast w podłogach nad podłogą.

<sup>1</sup> Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa, Katedra Budownictwa Ogólnego i Fryzj. Budowl.

Adam Ujma<sup>1</sup>

planicami, podłóg na gruncie itp., w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej, w rozporządzeniu [1] podana jest jako jedna wartość współczynnika  $U_{p,gr}$  niezależna od temperatury obliczeniowej warstwy  $t$ . Przez analogię do wymagań podanych dla stropów nad przejrzadymi, w tabeli 1 przyjęto wymagania wartości współczynnika  $U_{p,gr}$  dla stropów nad planicami, podłóg na gruncie itp., do podobnych zakresów temperatury powietrza w pomieszczeniach.

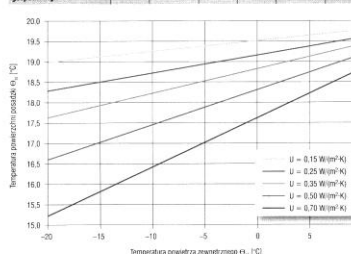
Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych [1] należy również przyjąć analogiczne wymagania dla właściwości termicznych podłóg, które w odniesieniu do pomieszczeń mieszkalnych, budynków użyteczności publicznej, a także budynków produkcyjnych, magazynowych i gospodarczych na obwodzie podłogi na gruncie w ogrzewanym pomieszczeniu, tj. w miejscu połączenia ze ścianą zewnętrzną, powinna być umieszczona warstwa izolacji cieplnej o oporze cieplnym nie mniejszym niż 2,0 m<sup>2</sup>·K/W. W rozporządzeniu nie ma danych dotyczących, jaka szerokość powinien mieć wspornikowy pas izolacji cieplnej. Biorąc pod uwagę wytyczne poprzedniego normy cieplnej, można przyjąć szerokość pasa izolacji umieszczonej poziomo w podłożu lub pionowo na ścianie fundamentowej czy piwnicznej, nie mniejszą niż 1 m.

Opory cieplne warstw przegrody i współczynniki przenikania ciepła przegrody stykających się z powietrzem należy wyznaczać według metodologii opisanej w normie PN-EN ISO 6946:2008 [2]. Natomiast współczynniki przenikania ciepła przegrody stykających się z gruntem metodą szeregową należy wyznaczać według normy PN-EN ISO 13370:2008 [3].

Współczynniki przenikania ciepła stropu nie tylko do wyznaczenia strat ciepła przez przegrodę budowlaną, ale również również określać temperatury powierzchni przegrody. Temperaturę powierzchniową wpływa w tym wypadku na wartość temperatury obliczeniowej, uwzględniającej temperaturę powierzchni, etasującą się pomieszczenie, określającej odczućta ciepłota użytkowników pomieszczeń. Niższa temperatura powierzchni przegrody oznacza konieczność podwyższenia temperatury

Tabela 1. Wymagana wartość współczynnika przenikania ciepła  $U_{p,gr}$  przegrody i podłogi według rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [1], w zależności od temperatury obliczeniowej powietrza w pomieszczeniach 1, lub różnicy temperatury między pomieszczeniami 2, 3.

Rodzaj budynku	Wartość $U_{p,gr}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)] przy założeniu wartości 1 lub 2, 3					
	Strop nad przejrzadym			Strop nad planicą (konstrukcją podziemną) mieszkaną, strop nad zamkniętą przestrzenią podpiwnicową, podłoga na gruncie		
	$t_1 > 18^\circ\text{C}$	$8 \leq t_1 \leq 18^\circ\text{C}$	$\Delta t_1 \leq 8^\circ\text{C}$	$t_2 > 18^\circ\text{C}$	$8 \leq t_2 \leq 18^\circ\text{C}$	$\Delta t_2 \leq 8^\circ\text{C}$
Mieszkalny, zamieszkania zbiorowego	0,25	0,50	–	0,45	–	–
Użyteczności publicznej	0,25	0,50	–	0,45	–	–
Produkcyjny, magazynowy, gospodarczy	0,25	0,50	0,70	0,80	1,20	1,50



rys. 1. Charakter zmiany temperatury powierzchni posadzki na stropie nad przejrzadym w zależności od temperatury powietrza zewnętrznego dla konstrukcji o różnej wartości współczynnika przenikania ciepła

powietrza w celu uzyskania warunków komfortowych dla użytkowników. I odwrotnie – wyższa temperatura powietrza w pomieszczeniu równej 20°C i różnych wartościach współczynnika przenikania ciepła stropu, ilustruje rys. 1. Widać na nim wyraźnie, że wraz ze wzrostem wartości współczynnika przenikania ciepła spada wartość temperatury na powierzchni posadzki.

Do wartości temperatury na powierzchni przegrody przy uwzględnieniu wilgotności powietrza należy, czy wystąpiła na niej warstwa sprzyjające rozwojowi pleśni lub kondensacji powierzchniowej, wyrażone współczynnikiem temperatury  $f_{t,e}$ . Warunek ten sprawdzany jest według metodologii zawartej w normie PN-EN ISO 13788:2003 [4].

Charakter zmiany temperatury powierzchni stropu nad przejrzadym od strony pomieszczenia, czyli faktycznie temperatura

AKTYWNOŚĆ cieplna POSADZKI

Aktywność cieplna przegrody budowlanej związana jest ze zjawiskiem pochłaniania i oddawania ciepła, które przebiega w warunkach dynamicznych oddziaływań cieplnych na konstrukcję budowlaną. Jednym z tych procesów jest wzajemne oddziaływanie konstrukcji podłogi, w szczególności posadzki, na strop człowieka i związane z tym jego odczućta ciepłota. Problemem te w tym literaturze technicznej, chociaż proces ten w istotnej mierze wpływa na odczućta ciepłota z komfortem użytkownika pomieszczeń.

Ciepłochłonność posadzek, charakteryzująca zdolność konstrukcji do przyswajania ciepła przez stopy człowieka, uśredniona jest od konstrukcji, a w szczególności od rodzaju materiału zastosowanego jako warstwa wierzchnia podłogi.

O aktywności cieplnej przegrody budowlanej decyduje przede wszystkim zastosowanie w niej materiału, a w szczególności ich następujące parametry fizyczne: ciepło właściwe  $c_p$ , współczynnik przewodności cieplnej  $\lambda$ , współczynnik wyrównywania temperatury  $\alpha$ , współczynnik przyswajania ciepła  $s_p$ .

Współczynnik wyrównywania temperatury  $\alpha$  wyraża prędkość, z jaką dochodzi do wyrównywania się temperatury w danym materiale. Wykorzystujemy jej więc m.in. przy analizie niestabilnych procesów cieplnych przebiegających w konstrukcjach poddawanych zmiennym w czasie oddziaływaniom termicznym. Przy większych wartościach współczynnika  $\alpha$ , podczas naglezającego czy też ostygnięcia ciała, w różnych punktach szybkości następuje zrównanie w temperaturę (czy też ustabilizowanie warunków termicznych). Szczególnie korzystnie pod tym względem zachowuje się drewno. Charakterystyczne jest ono kilkakrotnie niższą wartość współczynnika  $\alpha$  niż w innych materiałach budowlanych, w szczególności konstrukcyjnych, co w decydującym stopniu wpływa na bardzo dobrą statyczność cieplną konstrukcji drewnianych. Właściwość ta polega mianowicie na postręgnięciu w mięśniach, gdzie dochodzi do przewodzenia ciepła wzdłuż włókien materiału drewnianego na skutek przyniesienia wartości współczynnika przewodności cieplnej. Wartość współczynnika wyrównywania temperatury drewna maleje również wraz ze wzrostem jego wilgotności.

Współczynnik przyswajania ciepła  $s_p$  jest innym parametrem wykorzystywanym przy analizie niestabilnych procesów

Tabela 2. Wymagania w zakresie ciepłochłonności podłogi według A.L. Juremka, T.J. Korolowej [6]

Typ budynku, sposób wykorzystania pomieszczeń	Współczynnik ciepłochłonności posadzki, B [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
Buildki mieszkalne, szpitale, przychodnie zdrowia, szkolne, domy dziecka, domy opieki społecznej, hotele, przedszkola, szkoły itp.	≥12
Buildki użyteczności publicznej niewymienione w pkt 1, powierzchnie w pomieszczeniach ogrzewanych obiektów handlowych, przemysłowych itp. ze stałymi miejscami pracy i wykonywanymi pracami o średnim stopniu wyniku fizycznego	≥14
Buildki mieszkalne, hotele, szkoły, przychodnie zdrowia, szpitale, szpitale, pracownie zabiegowe, szpitale, sale chorych, pracownie zabiegowe; inne: pokoje i pracownie biurowe, pokoje hotelowe, kina, sale koncertowe, restauracje itp.	≥17

Tabela 3. Wymagania w zakresie ciepłochłonności podłogi przy założeniu minimum 10-minutowego kontaktu stopy z podłogą według J. Rehanka [7]

Typ budynku, pomieszczeń	Spadek temperatury stopy w okresie 10-minutowego kontaktu z podłogą, $\Delta t_{10}$ [K]	Współczynnik ciepłochłonności, B [W·s <sup>1/2</sup> /(m <sup>2</sup> ·K)]
Buildki użyteczności publicznej, pomieszczenia o podwyższonych wymaganiach sanitarno-higienicznych, np. pokoje w szpitalach, przedszkolach, w szpitalach sale operacyjne i intensywnej opieki, pokoje w domach dziecka, opieki społecznej itp.; buildki mieszkalne, hotele	<3,8	≥348
Buildki mieszkalne, pokoje, kuchnie, szkoły, pracownie, sale gimnastyczne; przychodnie zdrowia, pracownie zabiegowe; szpitale, sale chorych, pracownie zabiegowe; inne: pokoje i pracownie biurowe, pokoje hotelowe, kina, sale koncertowe, restauracje itp.	3,81-5,50	348-585
Buildki mieszkalne, przychodnie zdrowia i szpitale, pracownie; inne: kantyny i pracownie w szpitalach, magazyny ze stałą obsługą, muzea, sale wystawowe, sale lunchowe, szkoły sportowe itp.	5,51-6,00	585-845
Inne, niewymienione w poprzednich punktach, bez wymagań	>6,90	>845

oraz wyniki jego obliczeń w odniesieniu do różnych rozwiązań materiałowych z zastosowaniem drewna na posadzce przytoczone w opracowaniu A. Ujmy [9].

Odniesienia metodologiczne wyznaczania ciepłochłonności posadzki, wyrażonej parametrem B, można znaleźć w opracowaniu J. Rehanka [7]. Pierwszym krokiem procedury obliczeniowej jest wyznaczenie głębokości oddziaływania cieplnego konstrukcji podłogi na stykającą się z nią stopę. Z reguły rozpatrywane są trzy przypadki:

- podłoga jednowarstwowa, w odniesieniu do której spełniony będzie warunek:  $\frac{d_p}{a_p} \geq 42,4 \sqrt{a_p}$ ,
- gdzie:  $d_p$  – grubość pierwszej warstwy (m),  $a_p$  – współczynnik wyrównywania temperatury materiału pierwszej warstwy podłogi [m<sup>2</sup>/s];
- podłoga dwuwarstwowa, w odniesieniu do której nie jest spełniony warunek jak dla podłogi jednowarstwowej, czyli:

$$B = B_1 + (K_{12})_1; K_{12} = \left( \frac{B_2 \cdot d_2}{B_1 \cdot a_1 \cdot t} \right)$$

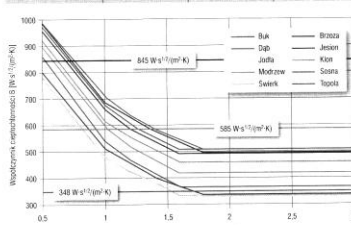
$$B = B_1 + (K_{12})_2; K_{12} = \left( \frac{B_2 \cdot d_2}{B_1 \cdot a_1 \cdot t} \right)$$

wówczas współczynnik ciepłochłonności wynosi:

$$B = \sqrt{A_1 \cdot c_p \cdot \rho_1}; A_1 = \sqrt{A_2 \cdot c_p \cdot \rho_2}$$

Tabela 4. Rodzaje drewna i innych materiałów oraz ich parametry fizyczne przyjęte do obliczeń

Rodzaj drewna lub inny materiał posadzki	Gęstość objętościowa $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Przewodność cieplna $\lambda$ [W/(m·K)]	Ciepło właściwe $c_p$ [J/(kg·K)]	Współczynnik przyswajania ciepła $s_p$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Współczynnik ciepłochłonności B [W·s <sup>1/2</sup> /(m <sup>2</sup> ·K)]
Buk	720	0,16	–	4,33	509,1
Brzoz	640	0,19	–	4,19	493,2
Dąb	685	0,19	–	4,32	508,3
Jesion	710	0,17	–	4,18	493,3
Jodła	440	0,12	2000	2,76	325,0
Klon	650	0,16	–	3,98	456,1
Modrzew	580	0,15	–	3,55	417,1
Sosna	510	0,13	–	3,10	364,1
Świerk	440	0,12	–	2,82	332,3
Toполя	440	0,13	–	2,87	338,2
Betony	1800	1,15	1000	12,23	1438,8
Marmur	2000	2,5	1000	12,23	2236,1
Płyty ceramiczne	2300	1,3	840	13,47	1584,4
Włókna drewniane	700	0,18	2000	4,27	502,0
Pianka PE	375	0,35	2300	4,00	470,5



rys. 2. Charakter zmiany współczynnika ciepłochłonności B posadzki drewnianej w zależności od grubości warstwy drewna

– współczynniki ciepłochłonności materiału pierwszej i drugiej warstwy podłogi [W·s<sup>1/2</sup>/(m<sup>2</sup>·K)];

t – obliczeniowy czas kontaktu stopy z podłogą, równy 720 s.

## OCENA aktywności cieplnej różnych RODZAJÓW posadzek

Do analizy aktywności cieplnej posadzek przeprowadzono przytoczone metodologię i przyjęto do obliczeń różnicę temperatury pierwszej i drugiej warstwy podłogi, wartości odczytane z tabeli [4].

$$B_1 = \sqrt{A_1 \cdot c_p \cdot \rho_1}; B_2 = \sqrt{A_2 \cdot c_p \cdot \rho_2}$$

Wood” [12]. W tabeli 4 zamieszczone zostały również parametry termiczne płytek ceramicznych, płyt marmurowych i innych materiałów zastosowanych w warstwach leżących pod posadzką. W odniesieniu do posadzek drewnianych przyjęto, że ułożone są na podkładzie betonowym o grubości 5 cm. Przyjęto do obliczeń średnią grubość warstwy drewnianej kształtowaną w zależności od rodzaju materiału drewnianego wynoszącą od 6 do 14 mm, płytek ceramicznych od 6 do 30 mm, a płyt marmurowych od 15 do 45 mm.

Wyniki obliczeń współczynnika ciepłochłonności B posadzek drewnianych zamieszczone są w rys. 2. Ponadto lista wartości słami zamieszczone również listę graniczną  $B_{gr}$  = 348 W·s<sup>1/2</sup>/(m<sup>2</sup>·K) dla posadzek w pomieszczeniach o różnym poziomie wilgotności powietrza i różnym rodzaju drewna (Tabela 4), z parametrami fizycznymi zaczerpniętymi z publikacji „Układanie parkietów...” [10], „Fizyka drewna...” [11] i „The Encyclopedia of

współczynnik ciepłochłonności utrzymuje się na stałym poziomie dla wszystkich rodzajów drewna. Wynik ten nieco odbiega od uzyskanego w obliczeniach zamieszczonych w opracowaniu A. Ujmy [9], gdzie stwierdzono, że współczynnik ciepłochłonności b przyjmuje stałą wartość przy grubości warstwy drewnianej posadzki na poziomie od 20 do 22 mm.

Najkorzystniejsze pod względem ciepłochłonności okazały się posadzki wykonane z drewna jodły, świerku, topoli; bardzo blisko tych rodzajów drewna sytuuje się również drewno świerka. Posadzki z tych rodzajów drewna ułożone na podkładzie betonowym przy grubościach powyżej 16 mm spełniają wymagania odnoszone do pierwszej grupy pomieszczeń. Inne rodzaje drewna pozwalają spełnić wymagania dla pomieszczeń z drugiej grupy przy grubościach warstwy drewnianej powyżej 10–14 mm.

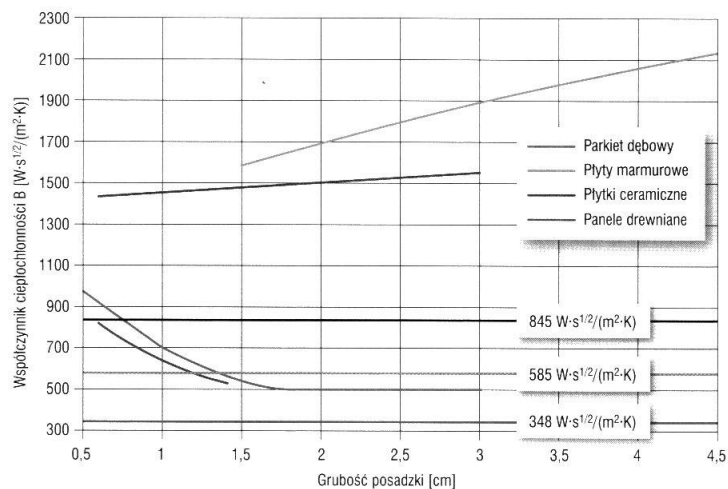
Właściwości cieplne podłóg drewnianych porównano z parametrami, jakie uzyskują podłogi wykończone innymi materiałami (tabela 4), w tym: płytami marmurowymi i płytkami ceramicznymi ułożonymi na warstwie betonowej oraz panelami drewnianymi ułożonymi na piance polietylenowej i warstwie betonowej.

Porównanie ciepłochłonności analizowanych konstrukcji posadzek zaprezentowano na rys. 3. Z przebiegu linii B wynika, iż w konstrukcjach ciężkich posadzek wykończonych kamieniem naturalnym lub płytami ceramicznymi, w odróżnieniu od konstrukcji drewnianych następuje pogorszenie właściwości związanych z ciepłochłonnością wraz ze wzrostem grubości wierzchniej warstwy wykończeniowej. Aktywność cieplna takich posadzek rośnie, przy czym aktywniejsza w tym zakresie jest konstrukcja posadzki z płyt marmurowych. Konstrukcje te można zaliczyć do spełniających wymagania tylko w pomieszczeniach klasy czwartej (tabela 3).

Korzystnie natomiast wypadła w badaniach posadzka wykonana z paneli drewnianych ułożonych na piance polietylenowej o grubości 5 mm i warstwie betonowej o grubości 4 cm. Współczynnik B takiej posadzki okazał się niższy, co wskazuje na mniejsze zdolności do przyswajania ciepła niż w przypadku posadzki wykonanej w postaci parkietu z drewna dębowego.

## WNIOSKI

1. Spośród parametrów charakteryzujących podłogi i posadzki można wyodrębnić dwie grupy: jedną związaną z procesami przenikania ciepła i stratami ciepła,



Rys. 3. Charakter zmiany współczynnika ciepłochłonności B posadzek o różnej konstrukcji w zależności od grubości warstwy wierzchniej

drugą związaną z właściwościami ciepłochłonnymi.

2. Wraz ze wzrostem izolacyjności cieplnej radykalnie wzrasta wartość temperatury na powierzchni posadzek. Ma to istotne znaczenie w kształtowaniu się temperatury odczuwalnej i warunków zabezpieczających przed ryzykiem rozwoju pleśni i kondensacji powierzchniowej pary wodnej.

3. Z porównania aktywności cieplnej posadzek wykonanych z różnego rodzaju drewna wynikają pewne różnice pozwalające wskazać rodzaje drewna bardziej i mniej aktywne w tym zakresie.

4. Charakterystyczne okazuje się występowanie pewnej granicznej grubości warstwy drewnianej posadzki, podobnej dla różnych gatunków drewna, powyżej której właściwości związane z ciepłochłonnością stabilizują się.

5. Najkorzystniej pod względem analizowanej właściwości wypadają posadzki wykonane z gatunków drewna, które powszechnie nie jest wykorzystywane do wykonania posadzki, tj. drewna pozyskane go z jodły, świerka, topoli, sosny. Najmniej korzystnie wypadają z kolei posadzki wykonane z powszechnie stosowanego w tych konstrukcjach drewna dębowego czy bukowego.

6. W posadzkach wykończonych kamieniem naturalnym lub płytami ceramicznymi w odróżnieniu od konstrukcji drewnianych następuje pogorszenie właściwości związanych z ciepłochłonnością wraz ze wzrostem grubości warstwy wykończeniowej.

7. Posadzka wykonana z paneli drewnianych ułożonych na piance polietylenowej i warstwie betonowej uzyskała współczyn-

nik B korzystniejszy niż posadzka w postaci parkietu z drewna dębowego.

## LITERATURA

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU z 2008 r. nr 201, poz. 1238, ze zm.).
2. PN-EN ISO 6946:2008, „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania”.
3. PN-EN ISO 13370:2008, „Ciepłne właściwości użytkowe budynków. Przenoszenie ciepła przez grunt. Metody obliczania”.
4. PN-EN ISO 13788:2003, „Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacji międzywarstwowej. Metody obliczania”.
5. „Budownictwo ogólne”, T. 2: „Fizyka budowli”, pod kierunkiem P. Klemma, Arkady, Warszawa 2007.
6. A.I. Jeremkin, T.I. Koroljewa, „Tepłowoju režim zdaniy”, Izdalelstwo Asocjacji Stroitielnych Wuzow, Moskwa 2000.
7. J. Řehánek, „Tepelná akumulace budov”, Informační centrum ČKAIT, Praha 2002.
8. „Fizyka budowli (podstawy)”, [http://www.muratorplus.pl/technika/izolacje/podstawy-fizyki-budowli\\_59136.html](http://www.muratorplus.pl/technika/izolacje/podstawy-fizyki-budowli_59136.html).
9. A. Ujma, „Ciepłochłonność posadzek drewnianych”, IZOLACJE, nr 9/2009, s. 48–51.
10. P. Pióro, „Układanie parkietów na posadzkach z ogrzewaniem podłogowym”, [http://www.lakieri.pl/parkiet\\_na\\_ogrzewaniu\\_podlogowym\\_p,38.html](http://www.lakieri.pl/parkiet_na_ogrzewaniu_podlogowym_p,38.html).
11. P. Kozakiewicz, „Fizyka drewna w teorii i zadaniach”, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2006.
12. „The Encyclopedia of Wood”, Forest Products Laboratory, US Dept of Agriculture, Skyhorse Publishing Inc., 2007.