

**CERCETĂRI PRIVIND INFLUENȚA  
MATRICEI COMPOZITELOR CU PUZDERII  
DE CÂNEPĂ ASUPRA TRANSFERULUI  
TERMIC**

**RESEARCH CONCERNING THE  
INFLUENCE OF MATRIX IN HEMP HURDS  
COMPOSITES ON THERMAL  
CONDUCTIVITY**

**Maria-Adriana GHERGHÎȘAN**

PhD Student – TRANSILVANIA University in Brasov – Faculty of Wood Engineering  
Adresa/Address: B-dul Eroilor nr. 29, 50036 Brasov, Romania  
Email: [maria.adriana-gherghisan@unitbv.ro](mailto:maria.adriana-gherghisan@unitbv.ro)

**Ivan CISMARU**

Prof.dr.eng. – TRANSILVANIA University in Brasov – Faculty of Wood Engineering  
Adresa/Address: B-dul Eroilor nr. 29, 50036 Brasov, Romania  
E-mail: [icismaru@unitbv.ro](mailto:icismaru@unitbv.ro)

**Rezumat:**

Articolul prezintă rezultatele obținute în urma testărilor pentru determinarea coeficientului de conductivitate termică ( $\lambda$ ) la temperaturi exterioare pe intervalul  $-20^{\circ}\text{C} \dots +15^{\circ}\text{C}$  și la o diferență de temperatură  $\Delta T = 10, 15, 20, 25$  și  $30^{\circ}\text{C}$ . Epruvetele utilizate în acest studiu, destinate placării interioare a pereților, sunt diferențiate de tipul matricei ceramice (s-au folosit trei rețete diferite), și de procentul participativ de puzderii de cânepă (5%, 10% și 20%).

Prin această analiză s-a urmărit influența componentei matricei ceramice la testarea termică, la același procent înglobat de puzderii de cânepă și evidențierea epruvetelor cu cea mai mare eficiență termică.

**Cuvinte cheie:** matrice ceramică; puzderii de cânepă; conductivitate termică; ciment; ipsos; var.

**INTRODUCERE**

Placările interioare ale pereților reprezintă un domeniu de mare interes în industria construcțiilor. Produse noi sunt cercetate din punctul de vedere al matricei ceramice și al materialului înglobat, fibre sau particule, anorganice sau organice. De mare importanță este comportamentul produsului la transfer termic în vederea creării de materiale de construcții ce reduc consumul de energie. Tendința este de a utiliza resturi organice provenite din agricultură. Rezultatele testelor demonstrează faptul că acestea dețin proprietăți termice superioare (Korjenic ș.a. 2011) și pot fi transformate în materiale de construcții sustenabile (Karade 2010, Madurwar ș.a. 2013).

Conceperea materialelor compozite ca panouri, plăci sau grinzi, ce conțin puzderii de cânepă (Wasyliw 2003), panouri din ghips în masa cărora sunt încorporate fibre din plante, printre care și cânepa (Baer ș.a. 2012), mortaruri pe bază de ciment și cânepă (Rizza 2005) cât și companii internaționale precum Hemp - Technology Limited, Limecrete și Lhoist Group Company (Anglia), American Lime Technology (USA), Construire en Chanvre (Franța), Cannabric (Spania) sunt doar câteva exemple pentru a demonstra orientarea către a utiliza aceste puzderii

**Abstract:**

The article presents the data obtained for the thermal conductivity coefficient ( $\lambda$ ) at external temperatures between  $-20^{\circ}\text{C}$  and  $+15^{\circ}\text{C}$  and a temperature difference  $\Delta T = 10, 15, 20, 25, 30^{\circ}\text{C}$ . The specimens included in this study, designed for cladding the inner walls, are differentiated by the type of ceramic matrix (three different recipes were used) and by the hemp hurds percent embedded into the ceramic mass (5%, 10% and 20%).

This analysis aims to evidentiate the influence of the ceramic matrix components on the thermal conductivity value for specimens with the same hemp hurds percentage and also to highlight the specimens with the highest thermal efficiency.

**Key words:** ceramic matrix; hemp hurds; thermal conductivity; cement; plaster; lime.

**INTRODUCTION**

Cladding of inner walls represents an area of great interest in the building industry. New products are examined from the point of view of the ceramic matrix and embedded materials, fibers or particles of synthetic or organic nature. Of great importance is the heat transfer behavior of the product, as the aim is to create building materials that reduce energy consumption. The trend in this attempt is to use organic waste from agriculture. Test results show that they have superior thermal properties (Korjenic *et al.* 2011) and could be transformed in sustainable building materials (Karade 2010, Madurwar *et al.* 2013).

Designing composite materials as panels, boards and beams which contain hemp hurds (Wasyliw 2003), gypsum panels containing plant fibres, including hemp (Baer *et al.* 2012), mortars made of cement and hemp (Rizza 2005) are only few examples to prove the orientation towards using hemp hurds. International companies such as Hemp-Technology Limited, Limecrete and Lhoist Group Company (UK), American Lime Technology (USA), Construire en Chanvre (France), Cannabric (Spain) come to reinforce this orientation.

de cânepă.

Noutatea adusă de acest articol constă în realizarea și interpretarea unui studiu comparativ, asupra transferului termic, pentru opt epruvete originale, concepute în laboratoarele Facultății de Ingineria Lemnului, din cadrul Universității Transilvania din Brașov, ce sunt destinate placărilor interioare.

Se dorește evidențierea epruvetelor cu cea mai mare eficiență termică, în funcție de rețeta ceramică și de procentul de material lignocelulozic, în ideea comparării ulterioare cu materiale actuale utilizate la placările interioare.

## OBIECTIVE

Obiectivul prezentei lucrări este de a evidenția influența matricei ceramice și a procentului participativ de pușderii de cânepă în obținerea unui produs utilizat în construcții pentru placarea interioară, eficient termic.

În afara acestei influențe, sunt analizate valorile de minim-maxim exprimate grafic, pentru a evidenția sensibilitatea sau punctele forte ale epruvetelor din punctul de vedere al valorilor coeficientului de transfer termic ( $\lambda$ ).

Obiectivul final constă în definirea epruvetelor cu cea mai mare eficiență termică atât din punctul de vedere al conținutului matricei ceramice cât și al procentului de pușderii de cânepă înglobat, care va constitui elementul de comparație cu actualele produse destinate placărilor interioare.

## METODĂ, MATERIALE ȘI APARATURĂ

### Metodă

Etapă premergătoare testărilor termice a constat în pregătirea ansamblului de testare. Epruvetele de dimensiuni 300x300x20mm, au fost încadrate într-o ramă de polistiren de 600x600x20mm, conform indicațiilor constructorului echipamentului, după cum se observă în Fig. 1.



Fig. 1.

**Ansamblu epruvetă încadrată în placă polistiren /  
Assembly of specimen embedded in polystyrene frame.**

Epruvetele au fost testate pe rând pentru opt valori de temperatură exterioară (afară fix): T1 = -20°C; -15°C; -10°C; -5°C; 0°C; +5°C; +10°C; +15°C și la o diferență de temperatură ( $\Delta T$ ) presetată, de 10, 15, 20, 25 și 30°C. Cu aceste

The novelty of this article consists in the development and interpretation of a comparative study on heat transfer, for eight original specimens, designed in the laboratories of the Faculty of Wood Engineering, Transilvania University of Brasov, which are intended for interior cladding.

Highlighting the specimens with highest thermal efficiency, depending on the ceramic recipe and on the percentage of lignocelluloses material is the main aim of this study, with a view to further comparison with the existing materials used for inner cladding.

## OBJECTIVES

The objective of the present paper is to evidence the influence of the ceramic matrix and the percentage participation of hemp hurds in obtaining a thermally efficient building material to be used as inner cladding,

Beside this influence, the minimum and maximum values expressed on the charts are analyzed, in order to highlight the strengths and weaknesses of the specimens in terms of thermal conductivity coefficient values ( $\lambda$ ).

The final objective is to identify the specimen with the highest thermal efficiency from the point of view of the ceramic matrix content and the embedded percentage of hemp hurds, which will be compared to the current materials produced for inner cladding.

## METHOD, MATERIALS AND EQUIPMENT

### Method

Prior to the thermal conductivity tests, the test assembly was prepared. The specimens sized at 300x300x20mm were embedded in a 600x600x20mm polystyrene frame, according to the equipment manufacturer's specification, as shown in Fig. 1.

The specimens were tested for eight values of external temperatures (corresponding to the fixed lower platen): T1 = -20°C; -15°C; -10°C; -5°C; 0°C; +5°C; +10°C; +15°C, at preset temperature differences ( $\Delta T$ ) of 10; 15; 20; 25 and 30. With this

date de intrare s-au putut determina valorile temperaturii interioare T2 (corespunzătoare platanului superior, mobil, al instalației de testare):

$$T2 = T1 - \Delta T \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1)$$

și  $Media = ((T1+T2)/2) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2)$

$\Delta T$  și Media sunt datele ce se introduc tabelar în softul echipamentului. Pentru atingerea și înregistrarea valorilor de temperatură pentru fiecare punct, softul instalației va ajunge în echilibru cu valorile  $\Delta T$  și Media, urmând ca după testări repetate să ajungă la valorile T1 și T2 comandate. În momentul în care sunt îndeplinite toate condițiile se încheie testarea din punctul curent, se salvează și se trece la testarea următorului punct, până la încheierea testării. Valorile coeficientului de conductivitate termică ( $\lambda$ ), au fost înregistrare în tabele și grafice, ce au fost ulterior analizate.

### Materiale

Pentru acest studiu au fost selectate trei rețete de matrice ceramice notate M1, M2, M3 (vezi Tabelul 1), în masa cărora au fost înglobate procente de 5%, 10% și 20% puzderii de cânepă, din masa totală a epruvetei.

values, the internal temperatures T2 (corresponding to the superior mobile platen):

$$T2 = T1 - \Delta T \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1)$$

and the Mean value were determined:

$$Mean = ((T1+T2)/2) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2)$$




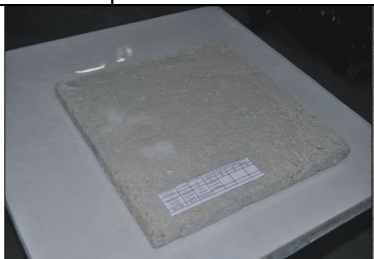
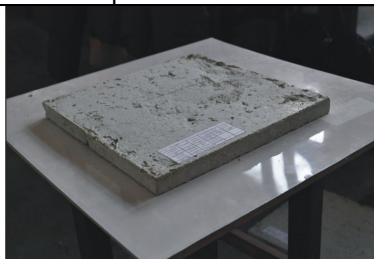
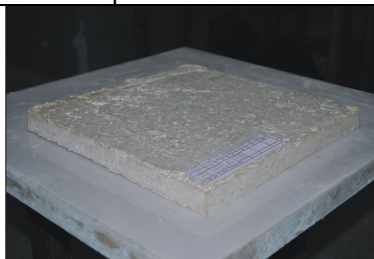
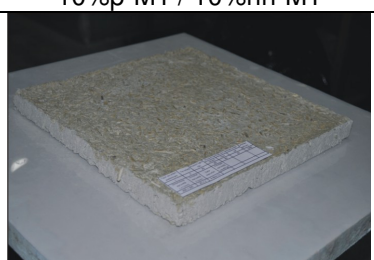


$\Delta T$  and Mean are data that are inserted in the equipment software. To achieve and record the temperature values for each point, the software system will reach equilibrium with  $\Delta T$  values and Mean, followed by repeated tests to reach T1 and T2 that were ordered. When all the conditions of the test end the current point, the data are saved and it moves to the next test point until the end of testing. The values of the thermal conductivity coefficient ( $\lambda$ ) have been recorded in tables and charts, which were subsequently analyzed.

### Materials

For this study, three ceramic recipes were selected, labelled with M1, M2 and M3 (as seen in Table 1). A percentage of 5%, 10% and 20% hemp hurds, from total mass of the specimen, were incorporated in these recipes.

Tabelul 1 / Table 1

### Prezentarea epruvetelor / Specimen presentation

		
5%p-M1 / 5%hh-M1	5%p-M2 / 5%hh-M2	5%p-M3 / 5%hh-M3
		
10%p-M1 / 10%hh-M1	10%p-M2 / 10%hh-M2	10%p-M3 / 10%hh-M3
		
20%p-M1 / 20%hh-M1	20%p-M2 / 20%hh-M2	20%p-M3 / 20%hh-M3

În Tabelul 2 sunt prezentate epruvetele și notațiile aferente acestora. În urma experimentărilor preliminare (Gherghișan și Cismaru 2013), epruveta 20%p-M1, nu a rezistat încercărilor de manipulare și a fost eliminată din studiu.

Table 2 summarizes the specimens and related notations. Following preliminary experiments (Gherghișan and Cismaru 2013), 20%hh-M1 specimen has not resisted the test of handling and was eliminated from the study.

Tabelul 2 / Table 2

**Prezentarea rețetelor ceramice / Presentation of the ceramic recipes**

Componentă matrice ceramică / Ceramic matrix components	Ciment / Cement (%)	Nisip / Sand (%)	Var / Lime (%)	Ipsos / Plaster (%)
M1	40	40	20	-
M2	50	-	-	50
M3	-	-	-	100
Observații / Comments	Procentele utilizate sunt extrase din cantitatea totală de masă ceramică uscată calculată pentru realizarea unei epruvete de 300x300x20mm / The used percentages are derived from the total dry mass, calculated for achieving a ceramic specimen of 300x300x20mm dimension			

Astfel analiza prezentată în acest articol se va concentra pe opt epruvete, conform Tabelului 3.

Therefore the analysis presented in this article will focus on eight specimens, according to Table 3.

Tabelul 3 / Table 3

**Tabel de codificare a epruvetelor / Coding specimens table**

5%p-M1 / 5%hh-M1	5%p-M2 / 5%hh-M2	5%p-M3 / 5%hh-M3
10%p-M1 / 10%hh-M1	10%p-M2 / 10%hh-M2	10%p-M3 / 10%hh-M3
<del>20%p-M1* / 20%hh-M1*</del>	20%p-M2 / 20%hh-M2	20%p-M3 / 20%hh-M3

\*epruvetă eliminată din testarea pentru determinarea coeficientului de conductivitate termică / specimen removed from testing of thermal conductivity coefficient.

Pentru o decodificare mai facilă a notațiilor epruvetelor, se prezintă ca exemplu: 5%p-M1, epruvetă cu conținut de 5% puzderii de cânepă înglobate într-o matrice ceramică (M1) cu conținut de ciment 40%, nisip 40% și var 20%.

In order to facilitate an easy decoding of specimen notation, an example is presented: 5%hh-M1 means a percentage of 5% hemp hurds embedded in ceramic matrix M1 which contains 40% cement, 40% sand and 20% lime.

**Aparatură**

Testarea celor opt epruvete pentru determinarea coeficientului de conductivitate termică s-a realizat pe echipamentul HFM (Heat Flow Meter) 436/6/1, după cum se observă în Fig. 2. Echipamentul se află în laboratoarele Facultății de Ingineria Lemnului din cadrul Universității Transilvania din Brașov, fiind achiziționat de la Compania germană NETZSCH.

**Equipment**

The tests for determining the thermal conductivity coefficient of the eight specimens were performed on HFM 436/6/1 equipment (Heat Flow Meter), as presented in Fig. 2. The equipment is located in the laboratories of the Wood Engineering Faculty in Brasov and is acquired from Germany Company NETZSCH.



**Fig. 2.**

**Echipment HFM 436/6/1 / HFM 436/6/1 equipment**

**a - Vedere frontală echipament / Equipment frontal view; b – Panou de comandă / Control panel.**

**REZULTATE EXPERIMENTALE**

Diagramele prezentate în Tabelele 4-6 au fost grupate funcție de procentele participative de puzderii de cânepă (5%, 10% și 20%) și de fiecare  $\Delta T$  la care au fost testate epruvetele.

Din dinamica ascendentă a curbelor trasate grafic reiese influența matricei ceramice și funcție de intervalul de temperatură testat.

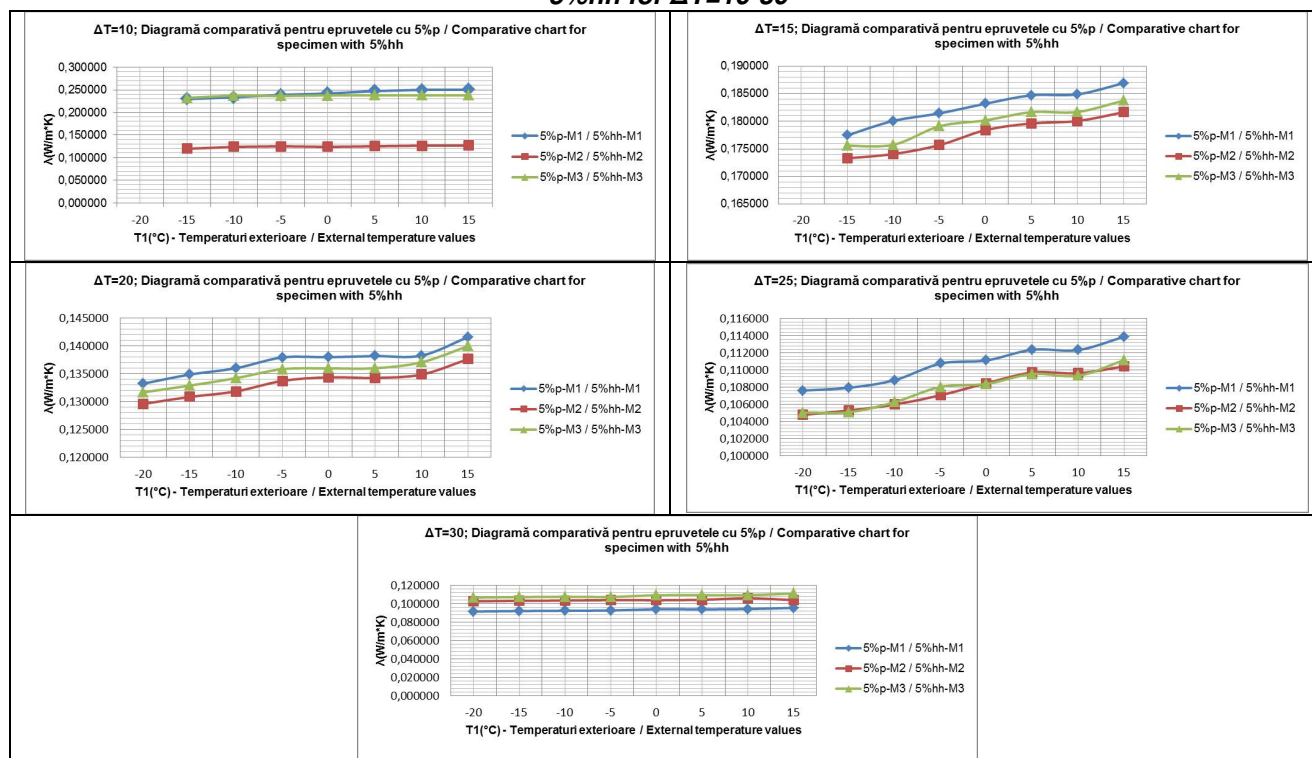
**EXPERIMENTAL RESULTS**

The diagrams presented in Tables 4-6 below have been classified according to the percentage of hemp hurds participation (5%, 10% and 20%) and for each value of  $\Delta T$  in which the specimens have been tested.

Ascending dynamics of diagrams shows the influence of ceramic matrix depending on the temperature range tested.

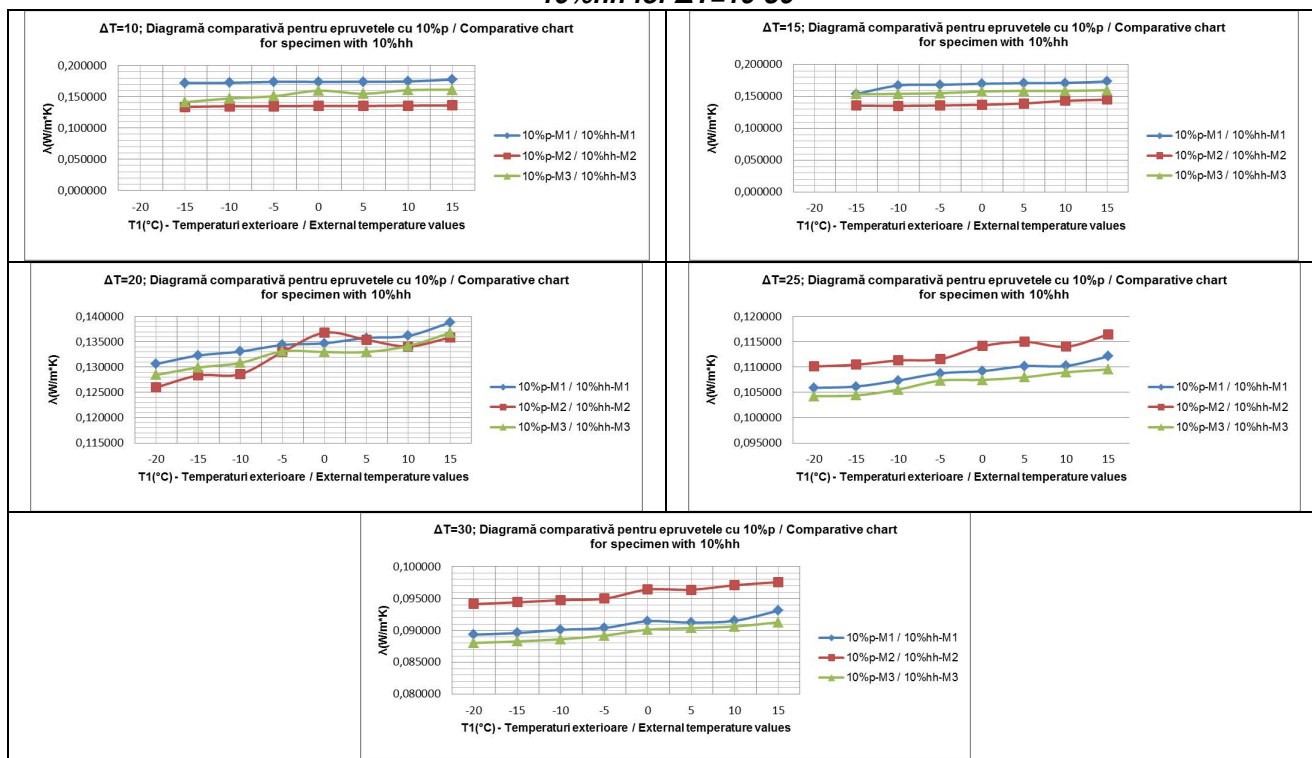
*Tabelul 4 / Table 4*

**Diagrame comparative pentru epruveta cu 5%p la  $\Delta T=10-30$  / Comparative charts for specimen with 5%hh for  $\Delta T=10-30$**



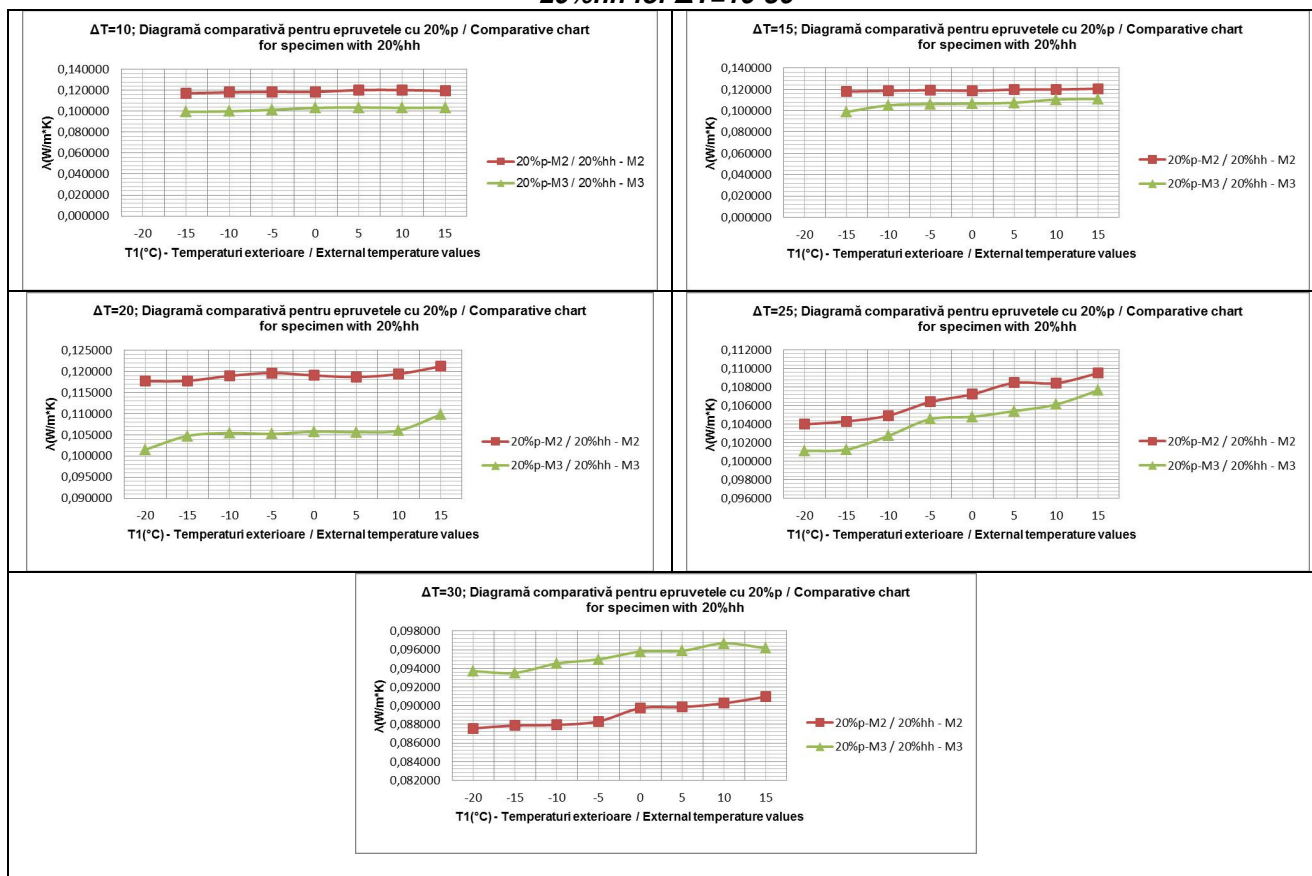
Tabelul 5 / Table 5

**Diagrame comparative pentru epruveta cu 10%p la  $\Delta T=10-30$  / Comparative charts for specimen with 10%hh for  $\Delta T=10-30$**



Tabelul 6 / Table 6

**Diagrame comparative pentru epruveta cu 20%p la  $\Delta T=10-30$  / Comparative charts for specimen with 20%hh for  $\Delta T=10-30$**



Influența procentului de puzderii de cânepă asupra coeficientului  $\lambda$  (W/m-K) la același valoare  $\Delta T$  pentru fiecare matrice M1, M2, M3 este evidențiată în Tabelul 7. Valorile sunt prezentate sub forma unui interval de date de minim-maxim corespunzătoare intervalului de temperatură la care au fost testate epruvetele (-20°C; +15°C). (\*nu există specimen)

The influence of the hemp hurds percentage on the  $\lambda$  (W/m-K) coefficient at the same  $\Delta T$  value and for each matrix M1, M2, M3 is shown in Table 7. Values are presented as a range of data corresponding to the minimum-maximum of tested temperature, (-20°C; +15°C). (\*no specimen for testing)

Tabelul 7 / Table 7

**Influența procentului de puzderii de cânepă asupra coeficientului  $\lambda$  / Hemp hurds percentage influence over  $\lambda$  coefficient**

	% de puzderii de cânepă / hemp hurds %	M1	M2	M3
<b><math>\Delta T10</math></b>	5%p / 5%hh	0,230-0,250	0,120-0,126	0,237-0,238
	10%p / 10%hh	0,172-0,178	0,134-0,136	0,142-0,161
	20%p / 20%hh	*	0,117-0,119	0,099-0,103
<b><math>\Delta T15</math></b>	5%p / 5%hh	0,177-0,187	0,173-0,172	0,176-0,184
	10%p / 10%hh	0,154-0,174	0,136-0,145	0,154-0,160
	20%p / 20%hh	*	0,118-0,121	0,099-0,111
<b><math>\Delta T20</math></b>	5%p / 5%hh	0,133-0,142	0,130-0,138	0,132-0,140
	10%p / 10%hh	0,131-0,139	0,126-0,136	0,128-0,137
	20%p / 20%hh	*	0,118-0,121	0,102-0,110
<b><math>\Delta T25</math></b>	5%p / 5%hh	0,108-0,114	0,105-0,110	0,105-0,111
	10%p / 10%hh	0,106-0,112	0,110-0,116	0,104-0,110
	20%p / 20%hh	*	0,104-0,110	0,101-0,108
<b><math>\Delta T30</math></b>	5%p / 5%hh	0,092-0,096	0,103-0,104	0,107-0,111
	10%p / 10%hh	0,089-0,093	0,094-0,098	0,088-0,091
	20%p / 20%hh	*	0,088-0,091	0,094-0,096

**CONCLUZII**

- ❖ Diagramele au un trend ascendent, urmând o creștere specifică fiecărui grafic, cu direcțiile aproximativ paralele.
- ❖ Se observă faptul că scăderea valorilor coeficientului de conductivitate termică este direct proporțional cu creșterea procentului de puzderii de cânepă și a valorii  $\Delta T$ .
- ❖ Matricea ceramică M1 (ciment 40%, nisip 40%, var 20%) se prezintă în general ca o mai bună conducătoare de cădură decât matricele M2 (ciment 50%, ipsos 50%) și M3 (ipsos 100%). Acest fapt îl demonstrează valorile din intervalul  $\Delta T$  10-25 în cazul epruvetelor cu 5% puzderii de cânepă și  $\Delta T$  10-20 pentru cele cu 10% puzderii de cânepă.
- ❖ Apare, la testarea pentru  $\Delta T30$ , o echivalență valorică și o curbă similară între grupurile de epruvete 10%p-M2 / 20%p-M3 și 10%p-M3 / 20%p-M2, ceea ce înseamnă că natura matricei poate suplini o parte din procentul de material lignocelulozic, fiind un bun izolator.
- ❖ Se poate concluziona faptul că matricele ceramice M2 și M3 au în general valorile cele mai mici ale coeficientului de conductivitate termică, raportat la același procent de puzderii, în comparație cu matricea ceramică M1.
- ❖ Epruvetele cu 10% și 20% puzderii de cânepă înglobate în matricele ceramice M2 și M3 prezintă

**CONCLUSIONS**

- ❖ The diagrams have an ascending trend following a specific growth, seen in every chart with approximately parallel directions.
- ❖ It is noted that the decrease of thermal conductivity coefficient values is directly proportional with the increasing of hemp hurds percentage and value of  $\Delta T$ .
- ❖ Ceramic matrix M1 (40% cement, 40% sand, 20% lime) is presenting itself as a better heat conducting material than ceramic matrix M2 (50% cement, 50% plaster) and M3 (100% plaster). This fact is proved by the values obtained in the  $\Delta T$  range of 10:25 for specimens with 5% hemp hurds and in the  $\Delta T$  range 10:20 for specimens with 10% hemp hurds.
- ❖ While testing at  $\Delta T30$ , value equivalence appeared and a similar curve between groups samples 10%hh-M2 / 20%hh-M3 and 10%hh-M3 / 20%hh-M2, which means that the nature of the matrix can replace some percentage of lignocellulosic material, as a good insulator.
- ❖ It can be concluded that the ceramic matrix M2 and M3 shows overall the smallest values of thermal conductivity coefficient for the same hemp hurds percentage, compared with the ceramic matrix M1.
- ❖ Specimens with 10% and 20% hemp hurds embedded in ceramic matrix M2 and M3 shows

eficiența termică cea mai mare din acest studiu comparativ.

- ❖ Luându-se ca referință medie a cercetării,  $\Delta T_{20}$ , se poate observa în urma obținerii rezultatelor influența procentului de puzderii de cânepă la fiecare rețetă în parte la scăderea valorii coeficientului de conductivitate termică ( $\lambda$ ), astfel:
  - La rețeta M1,  $\lambda < 2\%$  la 10%p-M1 față de 5%p-M1.
  - La rețeta M2,  $\lambda < 1\%$  la 10%p-M2 comparativ cu 5%p-M2; de asemenea  $\lambda < 11\%$  la 20%p-M2 comparativ cu 5%p-M2.
  - La rețeta M3,  $\lambda < 1\%$  la 10%p-M3 comparativ cu 5%p-M3; de asemenea  $\lambda < 22\%$  la specimenul 20%p-M3 față de 5%p-M3.

#### MULȚUMIRI

Această lucrare este susținută de Programul Operațional Sectorial de Dezvoltare a Resurselor Umane (POS DRU), finanțat de Fondul Social European și Guvernul Român sub contractul numărul POSDRU ID76945.

#### BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- Baer SC, Francis HC, Gautam KS, Lerch MS (2012) Gypsum boards made with high performance bio-based facers and method of making the sample. United State Patent WO 2012/148964 A2.
- Gherghișan MA, Cismaru I (2013) Preliminary research concerning optimal percentage of hemp hurds for lining panels and filler materials in buildings. PRO LIGNO 9(1):61-70.
- Karade SR (2010) Cement-bonded composites from lignocellulosic wastes. Construction and Building Materials 24:1323-1330.
- Korjenic A, Petranek V, Zach J, Hroudova J (2011) Development and performance evaluation of natural thermal-insulation materials composed of renewable resources. Energy and Buildings 43:2518-2523.
- Madurwar MV, Ralegaonkar RV, Mandavgane SA (2013) Application of agro-waste for sustainable construction materials: A review. Construction and Building Materials 38:872-878.
- Rizza M (2005) Hemp concrete mixtures and mortars, preparations method and uses. United States Patent 2005/6913644 B2.
- Wasyliw W (2003) Hemp hurd composite panels and method of making. United State Patent US 2003/6641909 B1.

the highest thermal efficiency of this comparative study.

- ❖ Taking  $\Delta T_{20}$  as average reference of this research, it can be observed the influence of the hemp hurds percentage in every recipe to lower the thermal conductivity coefficient ( $\lambda$ ) as follows:
  - Recipe M1, results show the  $\lambda < 2\%$  for 10%hh-M1 compared to 5%hh-M1.
  - Recipe M2, results show the  $\lambda < 1\%$  for 10%hh-M2 compared to 5%hh-M2, also  $\lambda < 11\%$  to 20%hh-M2 compared to 5%hh-M2.
  - Recipe M3, results show the  $\lambda < 1\%$  for 10%hh-M3 compared with 5%hh-M3, also  $\lambda < 22\%$  for 20%hh-M3 compared to 5%hh-M3.

#### ACKNOWLEDGEMENT

This paper is supported by the Sectoral Operational Programme Human Resources Development (SOP HRD), ID76945 financed from the European Social Fund and by the Romanian Government.