

# ELIOSYS

## Badania porównawcze Aluthermo Quattro ® oraz wełny mineralnej na symulowanej przestrzeni dachowej

### **Kontakt techniczny**

Thibault Boulanger  
ELIOSYS sa  
Boulevard de Colonster, 4 B56  
4000 Liège — Belgium  
+32 498 91 93 52  
[thibault.boulanger@eliosys.eu](mailto:thibault.boulanger@eliosys.eu)

### **Kontakt ds.**

Julien Thiry  
ELIOSYS sa  
Boulevard de Colonster, 4 B56  
4000 Liège — Belgium  
+32 497 54 39 38  
[julien.thiry@eliosys.eu](mailto:julien.thiry@eliosys.eu)

**SPIS TREŚCI****RAPORT NR: ALUTHERMO\_Rapport\_20140115.docx**

<b>WPROWADZENIE .....</b>	<b>.....</b>
<b>OKREŚLENIE MATERIAŁÓW IZOLACYJNYCH .....</b>	<b>.....</b>
<b>USTAWIENIA BADAWCZE.....</b>	<b>.....</b>
BUDOWA KONSTRUKCJI.....	4
TERMOPARY .....	5
SYSTEM OGRZEWANIA .....	6
SYSTEM POZYSKIWANIA DANYCH .....	7
Temperatury.....	7
Wartości elektryczne .....	7
TECHNIKI IZOLACJI.....	8
Wełna szklana .....	8
Aluthermo Quattro ® .....	8
<b>WYNIKI.....</b>	<b>.....</b>
<b>WNIOSKI.....</b>	<b>.....</b>

Niniejszy raport badań nie może być powielany w częściach bez pisemnej zgody ELIOSYS.  
Wyniki przedstawione w niniejszym raporcie są ważne tylko w

2 / 12

**WPROWADZENIE**

Celem badania było porównanie właściwości termoizolacyjnych izolacji refleksyjnej Aluthermo Quattro® z izolacją w postaci wełny mineralnej szklanej o grubości 200mm ( $\lambda$  0,04).

W tym celu specjalnie przygotowana konstrukcja imitująca powierzchnię dachową została wymiennie zaizolowana za pomocą obydwu materiałów. Wewnętrzna powierzchnia zaizolowanej struktury była utrzymywana w stałej temperaturze o wartości 21°C przez podwójny system ogrzewania konwekcyjnego, podczas gdy symulowana temperatura zewnętrzna wynosiła od -5 do 5°C w krokach co 5°C. Ponadto temperatura wewnątrz konstrukcji była monitorowana za pomocą termopar, natomiast energia wymagana do utrzymania temperatury otoczenia na poziomie 21°C była rejestrowana przez szczegółowy system pozyskiwania danych (DAQ).

**OKREŚLENIE MATERIAŁÓW IZOLACYJNYCH**

	Aluthermo Quattro®	Glasswool – $\lambda$ 0,04
Struktura	Wielowarstwowa, termorefleksyjna	Jednolita, bez właściwości paroizolacyjnych
Grubość	10 mm	200 mm (4x50mm)
Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda_{(1)}$	- W/(m*K)	0,040 W/(m*K)

(1) podane przez producentów

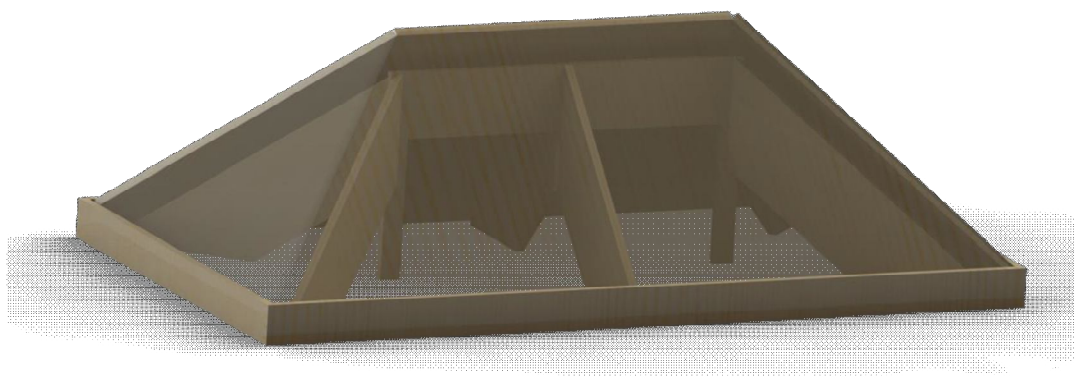
*Uwaga: obydwa materiały zostały dostarczone przez Aluthermo SA*

**USTAWIENI****Budowa konstrukcji**

Zbudowano pojedynczą konstrukcję w celu oceny porównawczej wydajności materiału Aluthermo Quattro® w stosunku do izolacji w postaci szklanej wełny mineralnej o grubości 200mm o przewodności termicznej wynoszącej 0,04 W/m.K. Konstrukcja została zbudowana z elementów drewnianych osadzonych na płycie drewnianej o grubości 18mm. Utworzona konstrukcja została ustawiona na podstawie styropianowej o grubości 100mm w celu zapobieżenia przenikaniu ciepła do podłoża.

Materiały izolacyjne zostały zainstalowane zgodnie ze standardowymi procedurami.

Po nałożeniu materiału izolacyjnego, konstrukcja została pokryta repliką pokrycia dachowego wykonaną z płyt MDF. Projekt pokrycia dachowego przewidywał szczelinę powietrzną o grubości 40mm pomiędzy materiałem izolacyjnym a wewnętrzną stroną repliki pokrycia dachowego.



Rysunek 1 - CAO konstrukcji testowej



Rysunek 2 - Podstawowa konstrukcja drewniana i system ogrzewania

Niniejszy raport badań nie może być powielany w częściach bez pisemnej zgody ELIOSYS.

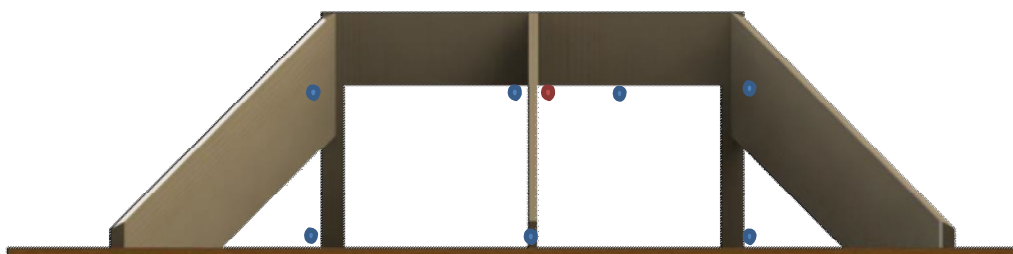
Wyniki przedstawione w niniejszym raporcie są ważne tylko w

## Termopary

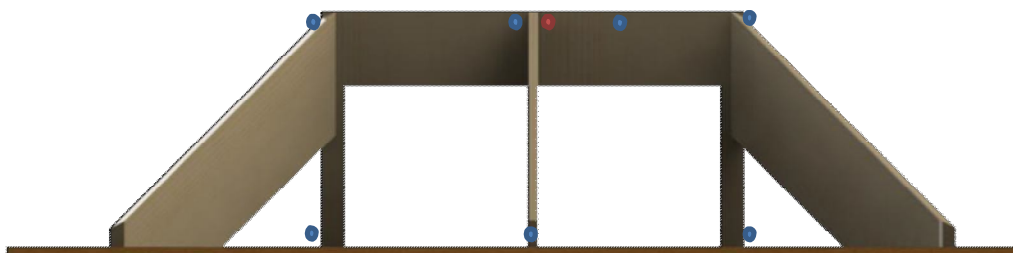
Łącznie 7 termopar ustawiono wewnątrz konstrukcji na różnych poziomach i w różnych miejscach w celu dokładnego pomiaru wahań temperatury wewnętrznej jak również ewentualnego układu warstwowego. Dodatkowa termopara (oznaczona czerwoną kropką na poniższych rysunkach) została wykorzystana jako punkt odniesienia dla jednostki regulującej mającej na celu utrzymanie temperatury wewnętrznej na poziomie 21°C.

Konstrukcja została zaprojektowana w taki sposób, aby utrzymać szczelinę powietrzną o grubości około 40mm pomiędzy materiałem izolacyjnym a repliką dachu, zarówno w przypadku włókna szklanego jak i materiału Aluthermo Quattro®. W wyniku takiego założenia konieczne było rozłożenie obydwu materiałów w sposób odmienny: wełna szklana została umieszczona pomiędzy krokwiemi, podczas gdy materiał Aluthermo został ułożony na nich. W rezultacie przy zastosowaniu materiału Aluthermo pojemność wnętrza zwiększa się, a pozycja termopar zostaje podwyższona.

Temperatura zewnętrzna była mierzona i utrzymywana przez skalibrowaną komorę klimatyczną.

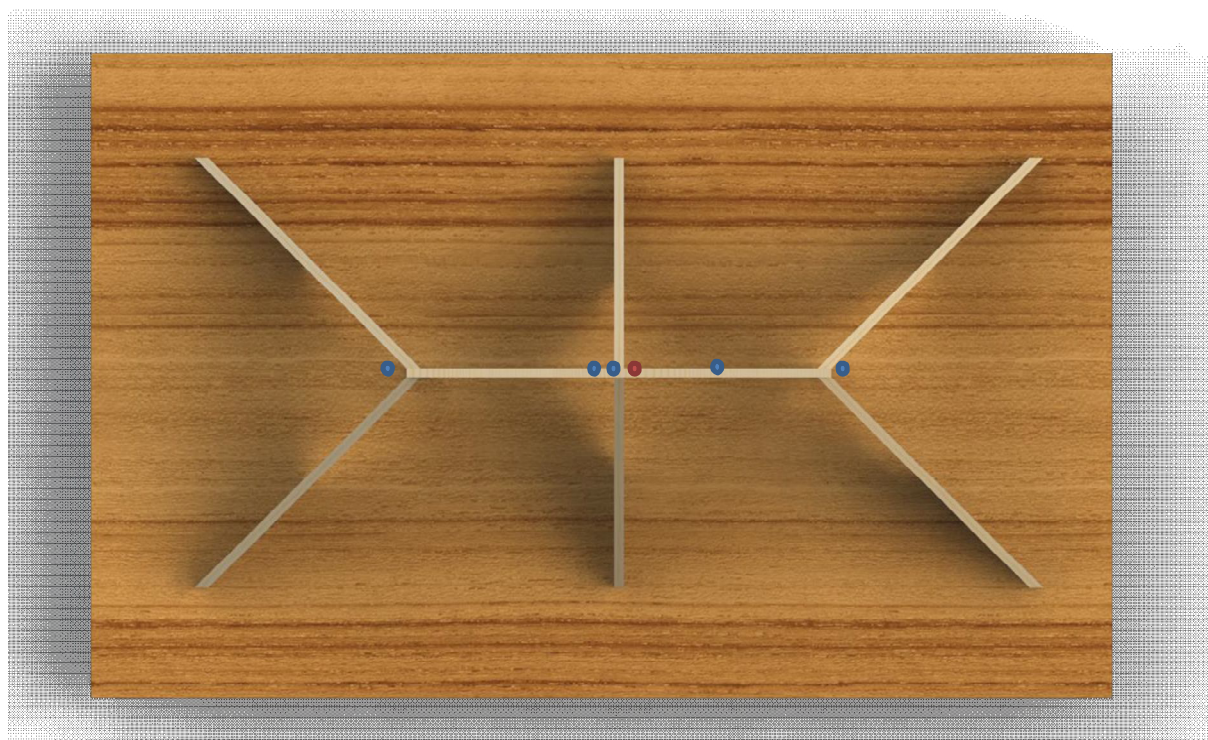


Rysunek 3 - Rozmieszczenie termopar dla wełny szklanej  $\lambda 0,04$  - widok z przodu



Rysunek 4 - Rozmieszczenie termopar dla Aluthermo - widok z przodu

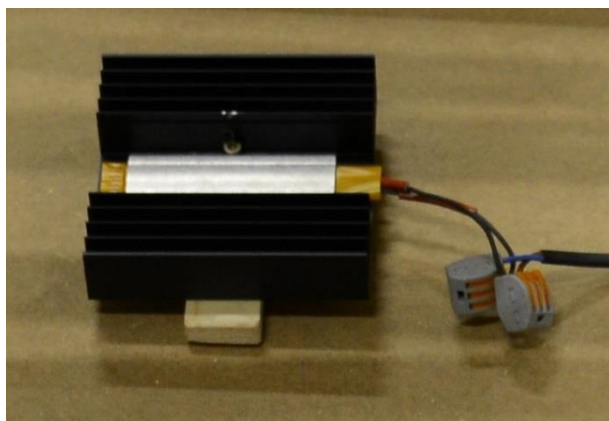
Niniejszy raport badań nie może być powielany w częściach bez pisemnej zgody ELIOSYS.  
Wyniki przedstawione w niniejszym raporcie są ważne tylko w



Rysunek 5 - Rozmieszczenie termopar – widok z góry

## System ogrzewania

Układ ogrzewania składa się z dwóch rezystorów grzewczych o mocy 200W, z których każdy został połączony z własnym radiatorem. Taka konfiguracja zapewnia ogrzewanie głównie w formie konwekcji.



Rysunek 6 - System ogrzewania

Niniejszy raport badań nie może być powielany w częściach bez pisemnej zgody ELIOSYS.  
Wyniki przedstawione w niniejszym raporcie są ważne tylko w

## System pozyskiwani a danych

### Temperatury

Temperatury są mierzone za pomocą skalibrowanych termopar o dokładności  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ . pozyskiwanie i przechowywanie sygnałów temperatury odbywa się za pośrednictwem systemu National Instruments składającego się z CompactDAQ oraz wysoce precyzyjnej karty termopar.



Rysunek 7 - System National Instruments CompactDAQ

### Wartości elektryczne

Następujące wartości zostały zmierzone i wyeksportowane przez system pomiaru energii Socomec Diris Ap o częstotliwości 5 Hz:

1. Napięcie (dokładność 0,5%)
2. Natężenie (dokładność 0,5%)
3. Moc (accuracy 1%)
4. Energia (klasa 1 zgodnie z CEI 61036)



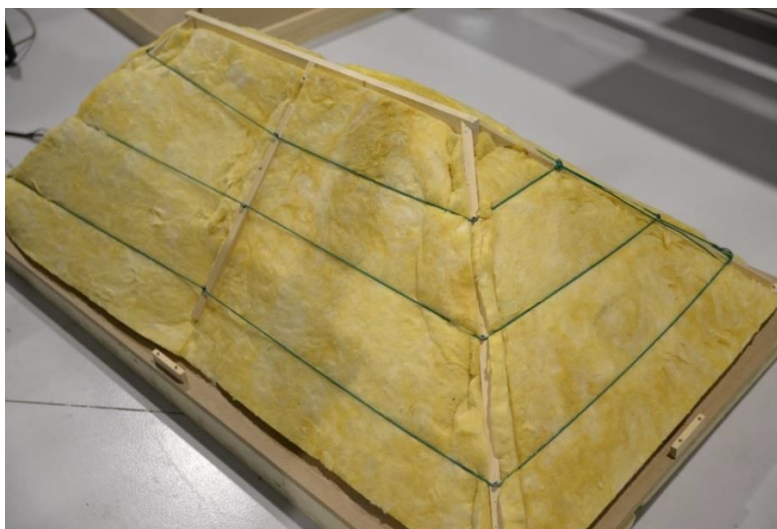
Rysunek 8 - System monitorowania energii

Niniejszy raport badań nie może być powielany w częściach bez pisemnej zgody ELIOSYS.  
Wyniki przedstawione w niniejszym raporcie są ważne tylko w

## Techniki izolacji

### Wetna szklana

Izolacja z wełny szklanej została uzyskana przez umieszczenie czterech warstw wełny szklanej o grubości 50mm w celu osiągnięcia grubości całkowitej 200mm. Dodatkowo, w celu zapewnienia stabilności izolacji w czasie długiego okresu badawczego, konstrukcja została obwiązana sznurkami.



Rysunek 9 - Konstrukcja zaizolowana 4 warstwami wełny szklanej  $\lambda 0,04$  o grubości 50mm

### Aluthermo Quattro ®

Materiał Aluthermo Quattro ® został ułożony zgodnie z wymaganiami producenta (dokument referencyjny: Aluthermo ® - Mise en oeuvre). Poza innymi kryteriami, zachowano minimalną odległość nakładania się krawędzi wynoszącą 100mm (górną i boki, patrz rysunek 10).

Materiał izolacyjny został przymocowany do struktury drewnianej. Zakładające się krawędzie zostały zaklejone taśmą aluminiową Aluthermo ®.

Niniejszy raport badań nie może być powielany w częściach bez pisemnej zgody ELIOSYS.

Wyniki przedstawione w niniejszym raporcie są ważne tylko w

8 / 12





Rysunek 10 - Izolacja z użyciem Aluthermo Quattro®

Strefy zachodzenia



Rysunek 11 - Konstrukcja zaizolowana 1 warstwą materiału Aluthermo Quattro®

Po prawidłowym nałożeniu materiału izolacyjnego, izolowana konstrukcja została pokryta repliką dachu i umieszczona w komorze klimatycznej.



Rysunek 12 - Izolowana konstrukcja pokryta repliką dachu

Niniejszy raport badań nie może być powielany w częściach bez pisemnej zgody ELIOSYS.  
Wyniki przedstawione w niniejszym raporcie są ważne tylko w

**WYNIKI**

Wstępne pomiary wykazały, że stan ustalony został osiągnięty po około 5h. W rezultacie zachowano okres stabilizacji wynoszący minimum 8 godzin przed rozpoczęciem gromadzenia danych do obliczeń

Wyniki uzyskane przez różne sekwencje badań zostały przedstawione w tabeli. Dane zostały wykorzystane do obliczenia ciepła pozornego wymaganego do utrzymania temperatury wewnętrznej na poziomie 21°C, uwzględniając różnice, takie jak ilość powietrza wewnętrznego oraz mierzone wewnętrzne temperatury średnie. Specyficzne ciepło pozorne  $c$  jest obliczane za pomocą równania 1:

— Równanie 1

Gdzie  $c$  stanowi specyficzne ciepło pozorne wymagane do utrzymania temperatury wewnętrznej na poziomie 21°C [kJ/kg°C]

$Q$  stanowi skumulowane ciepło dostarczane elementu grzejnego [kJ]  
 $m$  stanowi masę powietrza [kg]

$\Delta T$  stanowi gradient temperatury [°C]

Ponieważ temperatura w badanym dachu wzrasta od podstawy szczytu, średnia temperatura wewnętrzna przedstawiona w kolumnie 3 została uzyskana za pomocą procesu integracji w celu uwzględnienia różnic we wzrastającej temperaturze i malejącej objętości na całej wysokości dachu.

Wartości podane w kolumnach 3 i 4 wskazują, że nie występują znaczne różnice temperatury średniej odpowiednio dla Aluthermo® i wełny szklanej przy temperaturze -5, 0 oraz 5°C.

Skumulowane zużycie energii w okresie pozyskiwania danych zostało przedstawione w kolumnie 5 (Wh) oraz 6 (J).

Stała gęstość powietrza wynosząca 1,204 kg/m<sup>3</sup> została użyta dla powietrza wewnątrz konstrukcji (kolumna 7), a objętość powietrza wewnątrz konstrukcji została oszacowana w kolumnie 8. Większa grubość wełny szklanej w porównaniu do Aluthermo Quattro® powoduje powstanie mniejszej objętości powietrza w badanej konstrukcji. Powstała masa powietrza podana została w kolumnie 9.

Wartość specyficznego ciepła pozornego,  $c$ , obliczonego na podstawie Równania 1, została podana w kolumnie 10.

Różnica procentowa w wartości ciepła specyficznego przedstawiona w kolumnie 11 wskazuje, że efektywność materiału Aluthermo Quattro® jest o 13% i 9% wyższa niż wełny szklanej podczas badania odpowiednio w temperaturze -5°C i 0°C. Podczas badania przy najwyższej temperaturze zewnętrznej na poziomie 5°C, trend ten zostaje odwrócony i względna efektywność materiału Aluthermo Quattro® jest o 8% niższa od wełny szklanej.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Cel zewnętrzna Temp. wewnętrzna <sub>1</sub> [°C] [°C]	Średnia temp. Temp. [°C]	$\Delta T_3$ [°C]	Zużycie energii <sub>2</sub> [Wh]	Zużycie energii <sub>2</sub> [J]	Gęstość powietrza	Ilość powietrza	Amasa ir [kg]	Ciepło pozorne, $c_3$ [kJ/kg°C]	Względna [%] <sup>4</sup>
Alutherm o Quattro	-5	14,5	19,5	1165,69	4196471	1 204	0,1948	0,2345	919	13%
	0	15,8	15,8	933,18	3359448	1,204	0,1948	0,2345	907	9%
	5	17,1	12,1	708,93	2552159	1,204	0,1948	0,2345	899	-8%
Wełna szklana	-5	14,1	19,1	1165,69	4196471	1,204	0,0404	0,0486	1062	
	0	15,6	15,6	933,18	3359448	1,204	0,0404	0,0486	992	
	5	17,1	12,1	708,93	2552159	1,204	0,0404	0,0486	829	

<sup>1</sup> temperatura średnia jest obliczana przy uwzględnieniu różnic w objętości i temperaturze w zużyciu energii na całej wysokości konstrukcji, obliczonej po 8 godzinach okresu stabilizacji, różnica pomiędzy "średnią temperaturą wewnętrzną" a "temp. zewnętrzną" (kolumna 3 - kolumna 2)

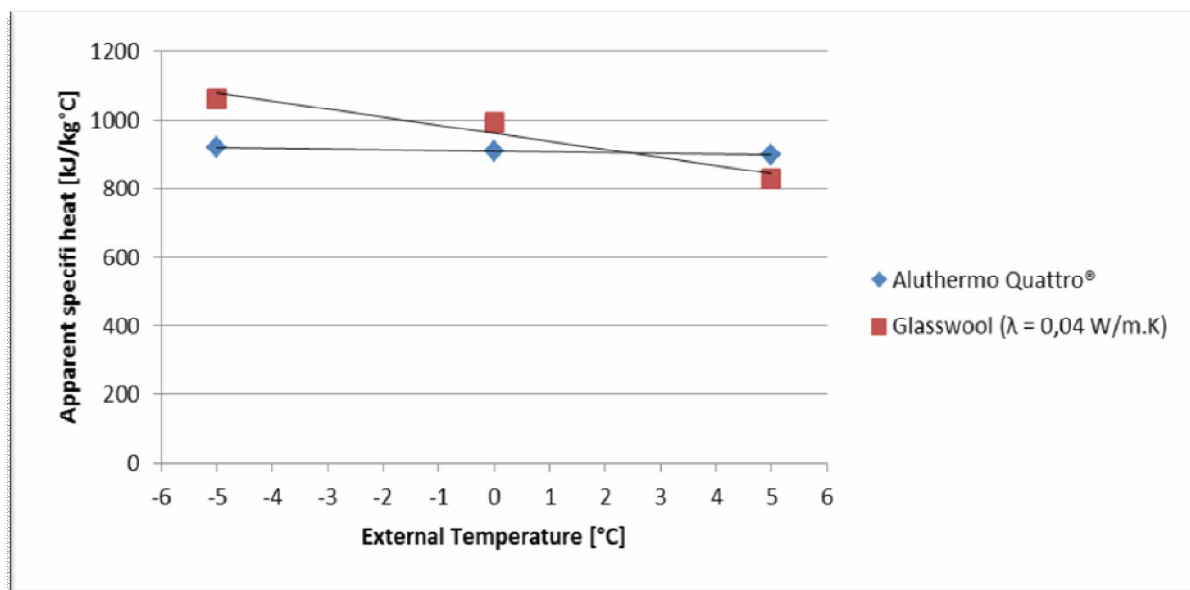
Niniejszy raport badań nie może być powielany w częściach bez pisemnej zgody ELIOSYS.

Wyniki przedstawione w niniejszym raporcie są ważne tylko w

## WNIOSKI

W najniższych temperaturach testowych (-5°C i 0°C), po uwzględnieniu objętości powietrza i gradientów temperatur wewnątrz konstrukcji, dla utrzymania temperatury docelowej 21°C wymagane jest mniej ciepła przy izolacji Aluthermo Quattro ®. Przy najwyższej temperaturze testowej wynoszącej 5°C, sytuacja ulega odwróceniu. Oznacza to, że **materiał Aluthermo Quattro® jest o 8% mniej efektywny niż wełna szklana o grubości 200mm przy temperaturze +5°C, jednak w przypadku niższych temperatur zewnętrznych (0°C i -5°C), materiał ten osiąga wynik odpowiednio o 9% i 13% lepszy.**

Specyficzne ciepło pozorne obliczone dla materiału Aluthermo Quattro ® przy -5°C, 0°C oraz 5°C wynosi 2%, co wskazuje na to, że materiał izolacyjny osiąga spójne wyniki bez względu na temperaturę zewnętrzną. Większa różnica jest obserwowana w przypadku wełny szklanej, przy maksymalnej różnicy wynoszącej 22%. Innymi słowy, **Aluthermo Quattro® wykazało stałą skuteczność przy wszystkich docelowych temperaturach zewnętrznych (-5 ; 0 ; +5°C), podczas gdy efektywność wełny szklanej o grubości 200mm jest różna dla poszczególnych 3 temperatur testowych.** Powyższe zachowanie można również zobaczyć na poniższym wykresie.



Rysunek 13 - ewolucja ciepła specyficznego w odniesieniu do temperatury zewnętrznej dla Aluthermo Quattro i wełny szklanej λ0,04

Thibault Boulanger  
Dyrektor działu inżynierii.

Niniejszy raport badań nie może być powielany w częściach bez pisemnej zgody ELIOSYS.  
Wyniki przedstawione w niniejszym raporcie są ważne tylko w

**WNIOSKI**

15/01/2014

Niniejszy raport badań nie może być powielany w częściach bez pisemnej zgody ELIOSYS.  
Wyniki przedstawione w niniejszym raporcie są ważne tylko w

12 / 12