

**SPRAWOZDANIE Z BADANIA**

[niem. Untersuchungsbericht]

Wnioskodawca: Hilti Aktiengesellschaft

Adres: Feldkircher Straße 100

L-9494 Schaan

Liechtenstein

Treść wniosku: Numeryczne obliczenie punktowego oddziaływania mostka cieplnego i zaklasyfikowanie punktowego współczynnika przenikania ciepła dla łączników

**Hilti X-IE 6 oraz Hilti X-IE 9**

przy zastosowaniu w izolacji obwodowej

oraz w izolacji wentylowanych fasad podwieszanych

Nr sprawozdania: B3-2016/15

Data wystawienia: 23 listopada 2016

Liczba stron: 15

Z tego załączniki: 3

## 1. Określenie zadania

Dla firmy Hilti Aktiengesellschaft z miejscowości Schaan (Liechtenstein) zostają określone obliczeniowo przy użyciu metody elementów skończonych poprawki do współczynnika przenikania ciepła  $U$  w oparciu o punktowe wpływy mostków cieplnych dla elementów mocujących Hilti X-IE 6 oraz X-IE 9 z gwoździem stalowym X-PH62.

Według DIN EN ISO 6946 należy skorygować wartość  $U$ , jeżeli zsumowane wpływy oddziałujące na wartość  $U$  są większe aniżeli 3% „niezakłóconej” wartości  $U$  konstrukcji. Według Technical Report TR-025 można przyjmować wartość 0 W/K na punktowe współczynniki przenikania ciepła  $\chi$  mniejsze niż 0,0005 W/K. Oddziaływanie mostków cieplnych takich łączników może być zatem pominięte przy wyliczaniu wartości  $U$ .

Efekt mostków cieplnych kotew w systemach WDVS ujmuje się w skorygowanej wartości  $U$  ściany zewnętrznej. Korektę  $n \cdot \chi$  oblicza się wedle następującej formuły:

$$U_c = U + n \cdot \chi$$

gdzie

$U_c$  to skorygowana wartość  $U$  w  $W/(m^2 \cdot K)$

$n$  to liczba łączników na metr kwadratowy w  $1/m^2$

$\chi$  to punktowy współczynnik przenikania ciepła w  $W/K$

Maksymalna liczba łączników na metr kwadratowy, dla której nie trzeba jeszcze uwzględnić efektu mostków cieplnych, zależy od grubości warstwy izolacyjnej. Według Technical Report TR025 należy przeprowadzać obliczenia dla najmniejszej grubości izolacji (dla takich łączników 60 mm), dla średniej grubości izolacji (około 150 mm) oraz dla największej grubości izolacji (dla takich łączników 200 mm), która jest możliwa przy tych łącznikach. Można zrezygnować z obliczenia dla największej grubości izolacji, jeśli wartość  $\chi$  ustalona dla średniej grubości jest mniejsza aniżeli dla najmniejszej grubości izolacji.

## 2. Podstawy obliczenia

Obliczenie przeprowadza się wedle zaleceń DIN EN ISO 10211:2015-06 i w oparciu o wytyczną EOTA TR-025 „Technical report –  $\chi$ ” dla systemów WDVS według ETAG 014<sup>1)</sup>, jednakże przy zmienionym modelu i zmodyfikowanych warunkach brzegowych, tak ażeby objąć też zastosowanie w zakresie obwodowym, jak i wentylowanych fasadach podwieszanych.

### 2.1 Wielkości termotechniczne

Stosowane wielkości termotechniczne są podane w poniższej tabeli.

**Tabela 1: Wielkości termotechniczne**

Nazwa	Symbol	Jednostka
Temperatura	$\theta$	$^{\circ}C$
Przewodnictwo cieplne	$\lambda$	$W/(m \cdot K)$
Opór cieplny przenikania	$R$	$m^2 \cdot K/W$
Opór przejmowania ciepła	$R_s$	$m^2 \cdot K/W$
Jednostkowy przepływ ciepła	$q$	$W/m^2$
Współczynnik przenikania ciepła	$U$	$W/(m^2 \cdot K)$
Strumień cieplny	$Q$	$W$
3-wymiarowa przewodność cieplna	$L^{3d}$	$W/K$
Korekta wartości $U$ (na łącznik) albo punktowy współczynnik przenikania ciepła	$U_p = \chi$	$W/K$

1) [*fragment tekstu w języku angielskim*] Technical Report No. 025 for ETAG 004 and 014-TR025: Determination of point thermal transmittance of plastic anchors for the anchorage of external thermal insulation composite systems (ETICS)

Publikowanie sprawozdania z badania w formie wyciągów jest dopuszczalne jedynie za uprzednim zezwoleniem na piśmie od Instytutu Badawczego Izolacyjności Ciepłej w Monachium.

## **2.2 Opis produktu**

Łącznik składający się z tulei i talerzyka dociskowego jest wytwarzany z polietylenu o wysokiej gęstości objętościowej (HDPE). Element łączący z podłożem stanowi gwóźdź ze stali węglowej HRC 58. Łącznik montuje się bez wycinania otworu lekko wpuszczony w ten sposób, że wgniata on na około 1 mm elastyczną izolację w obszarze talerzyka. Łącznik wykorzystuje się do mocowania izolacji obwodowej i płyt izolacyjnych fasad wentylowanych.

2 RYSUNKI (patrz oryginał )

**Ilustracja 1: Przedstawienie obszarów zastosowania kołka Hilti X-IE (po lewej: podwieszona fasada wentylowana; po prawej: izolacja obwodowa)**

Długość tulei kołka zmienia się odpowiednio do grubości warstwy izolacyjnej, podczas gdy stalowy gwóźdź posiada stałą długość 62 mm. Dla X-IE 6 średnica talerzyka dociskowego wynosi 60 mm, dla X-IE 9 średnica wynosi 90 mm. Łączniki Hilti X-IE 6 oraz Hilti X-IE 9 są odpowiednie dla grubości izolacji wynoszących od 60 mm do 200 mm. W załączniku 1 są przedstawione szczegółowe rysunki łącznika.

### 2.3 Model obliczeniowy i warunki brzegowe

Warunki brzegowe obliczenia dostosowuje się dla wykorzystania łączników w obszarze izolacji obwodowej, jak również przy izolowaniu fasad wentylowanych. Postępuje się przy tym według zaleceń DIN EN ISO 6946<sup>2</sup>:

Warunki brzegowe do zastosowania przy izolacji obwodowej:

$$\theta_i = 20^{\circ}\text{C} \quad R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W (granica modelu ku stronie wewnętrznej)}$$

$$\theta_e = 5^{\circ}\text{C} \quad R_{se} = 0 \text{ m}^2\text{K/W (granica modelu ku stronie zewnętrznej)}$$

Warunki brzegowe do zastosowania przy izolacji wentylowanych fasad podwieszanych:

$$\theta_i = 20^{\circ}\text{C} \quad R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W (granica modelu ku stronie wewnętrznej)}$$

$$\theta_e = -5^{\circ}\text{C} \quad R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W (granica modelu ku stronie zewnętrznej)}$$

Rozwiązanie trójwymiarowego pola temperaturowego przeprowadza się za pomocą trójwymiarowej metody elementów skończonych. Modeluje się przy tym reprezentatywny wycinek systemu.

W trójwymiarowym modelu obliczeniowym łącznik umieszcza się w konstrukcji różniącej się od konstrukcji referencyjnej EOTA TR 0-25 po to, ażeby lepiej odtwarzać obszary zastosowania Hilti X-IE:

Warstwa izolacyjna o zmieniającej się grubości zostaje nałożona na ścianie z betonu o grubości 175 mm, która ma 10 mm otynkowanie wewnętrzne. Od zewnętrznej strony nie nanosi się na izolacji żadnej warstwy tynku.

### 2.4 Właściwości materiałowe

Wartości obliczeniowe przewodności cieplnej [obiera się] na podstawie DIN EN ISO 6946 oraz DIN EN ISO 10456<sup>3)4)</sup>. Właściwości materiałowe przestrzeni powietrznych są określone przez DIN EN ISO 6946.

Stosowane zdolności do przewodnictwa cieplnego materiałów są zebrane w poniższej tabeli.

**Tabela 2: Wartości obliczeniowe przewodnictwa cieplnego**

Element konstrukcyjny / warstwa konstrukcyjna	Materiał	Wartość obliczeniowa przewodnictwa cieplnego $\lambda$ W/(m·K)
element łączący	stal węglowa	50
łącznik / kołek (zmienna długość)	polietylen o wysokiej gęstości objętościowej	0.50
warstwa izolacyjna	materiał izolacyjny (niespecyficzny)	0.035
wewnętrzne otynkowanie	tynek gipsowy	0.57
ściana konstrukcja dolna	beton (klasa użytkowa A)	2.3

<sup>3)</sup> [fragment tekstu w języku angielskim] DIN EN ISO 10456:2010-05 „Hygrothermal properties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values”

<sup>4)</sup> [fragment tekstu w języku angielskim] DIN EN ISO 6946:2015-06 „Thermal resistance and thermal transmittance – calculation method”

Publikowanie sprawozdania z badania w formie wyciągów jest dopuszczalne jedynie za uprzednim zezwoleniem na piśmie od Instytutu Badawczego Izolacyjności Ciepłej w Monachium.

### 3. Przeprowadzenie obliczenia numerycznego

Obliczenie przeprowadza się dla łącznika Hilti X-IE 9 przy 6 różnych długościach lub ewentualnie grubościach izolacji. Odpowiednie oznaczenia artykułów i numery rysunków firmy Hilti przedstawiono w poniższej tabeli:

**Tabela 3: Numery artykułów i rysunków dla łączników Hilti X-IE 9**

Artykuł	Numer artykułu	Rysunek montażowy	Rysunek elementu z tworzywa sztucznego	Rysunek gwoźdźcia
X-IE 9-60 BK	2041746	5077325/04	5129933/03	324473/08
X-IE 9-70 BK	*	5077325/04	5129933/03	324473/08
X-IE 9-100 BK	2041749	5077325/04	5077183/04	324473/08
X-IE 9-120 BK	2041750	5077325/04	5077183/04	324473/08
X-IE 9-140 BK	2041751	5073703/04	5073630/03	324473/08
X-IE 9-200 BK	2041754	5073703/04	5073630/03	324473/08

\*) obecnie poza dystrybucją

Z uwagi na geometryczne podobieństwo łączników Hilti X-IE 6 z Hilti X-IE 9 obliczone wyniki dają się przenieść także na łączniki Hilti X-IE 6. Odpowiednie oznaczenia artykułów i numery rysunków streszczono w poniższej tabeli:

**Tabela 4: Numery artykułów i rysunków dla łączników X-IE 6**

Artykuł	Numer artykułu	Rysunek montażowy	Rysunek elementu z tworzywa sztucznego	Rysunek gwoźdźcia
X-IE 6-60	2041719	5077325/04	5129673/02	324473/08
X-IE 6-70	2041740	5077325/04	5129673/02	324473/08
X-IE 6-100	2041744	5077325/04	5030806/06	324473/08
X-IE 6-120	2041745	5077325/04	5030806/06	324473/08
X-IE 6-140	2041393	5073701/04	5067128/05	324473/08
X-IE 6-200	2041396	5073701/04	5067128/05	324473/08

Efekty mostków cieplnych danego łącznika  $\lambda$  (= punktowy współczynnik przenikania ciepła) ustala się z porównania wartości U konstrukcji ściany – z kotwą i bez kotwy.

PATRZ RÓWNANIE MATEMATYCZNE W TEKŚCIE ŹRÓDŁOWYM na stronie 8

Ścienne podłoża dla łączników dzieli się w ETAG 014 na 5 kategorii użytkowych (A do E). Efekty mostków cieplnych trzeba ustalać dla najmniej korzystnego podłoża ściennego (zazwyczaj beton) przewidzianego dla opisanych łączników – na przykład w Europejskiej Ocenie Technicznej dla łączników. Alternatywnie można ustalać wartość  $\chi$  dla poszczególnych rodzajów podłoża, przy czym nadaje się wartości  $\chi$  indeks (A do E) dla indywidualnej kategorii użytkowej. Każda specjalna kategoria użytkowa obejmuje kategorie użytkowe o niższym przewodnictwie cieplnym podłoża ściennego. W przypadku betonu jako podłoża ścian przy obliczaniu wartości  $\chi$  objęte są wszystkie pozostałe kategorie użytkowe.

#### **Wskazówka:**

W ramach powszechnie przyjętych procedur obliczeniowych dotyczących zapotrzebowania budynków na ciepło grzewcze (np. zgodnie z DIN EN ISO 13790), przy ustalaniu strat podczas przenoszenia ciepła w częściach budowli mających styczność z ziemią należy przyjmować współczynnik korekty temperaturowej w celu uwzględnienia mniejszej różnicy temperaturowej. Podobnie jak i przy współczynniku przenikania ciepła  $U$  oraz przy mających odniesienie do długości współczynnikach przenikalności cieplnej  $\psi$  ustalone tutaj punktowe współczynniki przenikania ciepła  $\chi$  łączników także należy poddać korekcie, gdyż przeprowadzone obliczenia nie uwzględniają wpływu termicznego gruntu (modelowa granica przy styku z gruntem).

#### **4. Wyniki**

Poniższa tabela przedstawia wyniki obliczeń dla łączników Hilti X-IE 6 oraz Hilti X-IE 9 przy zastosowaniu w przypadku betonowej podbudowy o grubości 175 mm (klasa użytkowa A zgodnie z opisem w ETAG 014) w wykorzystaniu do mocowania izolacji obwodowej lub ewentualnie izolacji w podwieszanych fasadach wentylowanych.

**Tabela 5: Wyniki obliczeń dla łączników Hilti X-IE 6 i Hilti X-IE 9**

Grubość warstwy izolacyjnej h [mm]	$\chi$ [W/K]	
	Izolacja obwodowa	Podwieszana fasada wentylowana
60	0,00212	0,00152
70	0,00171	0,00128
100	0,00113	0,00091
120	0,00096	0,00079
140	0,00084	0,00072
200	0,00067	0,00059

- [kolor żółty] izolacja obwodowa (od gruntu)
- [kolor niebieski] podwieszana fasada wentylowana

WYKRES w dolnej połowie strony 9

*Napis pionowo:* punktowy współczynnik przenikania ciepła [W/K]

*Napis poziomo:* grubość warstwy izolacyjnej [mm]

## **Ilustracja 2: Punktowy współczynnik przenikania ciepła – wyniki dla łącznika Hilti X-IE 9**

Do celów porównawczych oblicza się punktowy współczynnik przenikania ciepła  $\chi$  dla Hilti X-IE 6 dodatkowo przy ścisłym zastosowaniu warunków brzegowych EOTA TR 025 (do stosowania w systemach zewnętrznej izolacji termicznej (WDVS)).

Obliczenie to daje wynik dla  $\chi$  wynoszący 0.00173 W/K.

Przy grubości izolacji 60 mm wynika z obliczenia, przy zmodyfikowanych warunkach brzegowych dla izolacji obwodowej, współczynnik przejmowania ciepła  $\chi$  o około 20% wyższy ze względu na opuszczenie otynkowania zewnętrznego i na poprawę przejmowania ciepła na powierzchni zewnętrznej. Zmniejszenie strumienia cieplnego z racji graniczenia z gruntem bierze się pod uwagę poprzez zastosowanie współczynników korekty temperaturowej. Natomiast obliczenie z warunkami brzegowymi dla zastosowania przy podwieszanych fasadach wentylowanych prowadzi z powodu podwyższonego oporu przejmowania ciepła wynoszącego 0,13 (m<sup>2</sup>·K)/W do wartości niższych o około 10%.



## 5. Klasyfikacja

Po zastosowaniu reguł klasyfikacji wg EOTA TR 025 wynikają dla łączników Hilti X-IE 9 oraz Hilti X-IE 6 następujące wartości nominalne punktowych współczynników przenikania ciepła  $\chi$ .

**Tabela 6: Wartości nominalne punktowych współczynników przenikania ciepła dla zastosowania w izolacji obwodowej**

Produkt / zastosowanie	Wartość nominalna punktowych współczynników przenikania ciepła
Hilti X-IE 6 oraz Hilti X-IE 9 w izolacji obwodowej	$\chi$ (60 mm) 0.003
	$\chi$ (70 mm – 100 mm) 0.002
	$\chi$ (120 mm – 200 mm) 0.001

**Tabela 7: Wartości nominalne punktowych współczynników przenikania ciepła dla zastosowania w podwieszanych fasadach wentylowanych**

Produkt / zastosowanie	Wartość nominalna punktowych współczynników przenikania ciepła
Hilti X-IE 6 oraz Hilti X-IE 9 w izolacji podwieszanych fasad wentylowanych	$\chi$ (60 mm – 90 mm) 0.002
	$\chi$ (100 mm – 200 mm) 0.001

## 6. Odpowiedzialność

Obliczone wartości mają ważność wyłącznie dla podanych materiałów oraz ich właściwości i wymiarów. Dla przeprowadzonych badań miarodajny jest obecny stan zaawansowania badań. Odpowiedzialność może wobec tego być przejmowana jedynie w ramach tego stanu wiedzy. Rękojmia za ekspertyzy zlecane Instytutowi Badawczemu Izolacyjności Ciepłej w Monachium, Stowarzyszenie Zarejestrowane, ogranicza się do ustawowej odpowiedzialności przez 5 lat stosownie do postanowień o przedawnieniu w myśl § 634a niemieckiego Kodeksu Cywilnego, dotyczących obiektów budowlanych.

Gräfelfing, dnia 23 listopada 2016 roku

Nieczytelny podpis  
Inż. dypl. Christoph Sprengard

Nieczytelny podpis  
Max Engelhardt B. Eng.

Pośrodku niebieski odcisk dużej, okrągłej pieczęci Instytutu Badawczego Izolacyjności Ciepłej w Monachium.

Aneks 1: Rysunek łącznika Hilti X-IE 6 i X-IE 9 z elementem łączącym ze stali węglowej

4 RYSUNKI TECHNICZNE (patrz oryginał)

Na stronach 13, 14 i 15, u dołu, po prawej, niebieski odcisk dużej, okrągłej pieczęci Instytutu Badawczego Izolacyjności Ciepłej w Monachium.

Aneks 2: Szkic montażowy Hilti X-IE 6

RYSUNEK TECHNICZNY (patrz oryginał)

Aneks 3: Przedstawienie modelowe i prezentacja spektrostrefowa jednostkowego przepływu ciepła elementu mocującego Hilti X-IE 9 (przekrój osiowy) w izolacji 140 mm przy warunkach brzegowych i dopasowaniach modelowych do zastosowania w izolacjach obwodowych.

2 RYSUNKI TECHNICZNE (patrz oryginał)

\*\*\*\*\*

Ja, mgr Zbigniew Klain, Tłumacz Przysięgły języka niemieckiego, zaświadczam zgodność powyższego tłumaczenia z okazanym mi dokumentem sporządzonym w języku niemieckim.

Bydgoszcz, 17.04.2018; rep. nr 0228/2018

