DŘEVOVLÁKNITÉ DESKY pavatex **NAD VIDITELNÝMI KROKVEMI**

## ÚVOD

Některé interiéry vyniknou, pokud ponecháme dřevěnou nosnou konstrukci jako jejich přirozenou architektonickou a vizuální součást. Technické řešení takových střech v podkroví je závislé na tepelné izolaci položené v celé své tloušťce shora na krokvích. Návod na materiálové uspořádání s využitím pěti výrobků dřevovláknitých desek Pavatex je obsažen v této stati. Zároveň nabízíme ve čtyřech tabulkách tepelně technické vlastnosti v závislosti na použitých typech materiálů a na jejich tloušťkách. Na závěr jsou zmíněny informace o existenci protokolů měření a konečných výsledcích dvou odlišných vlastností vztažených ke zmiňované konstrukci: **požární odolnost** a **vzduchová neprůzvučnost**. Obě měření zajišťoval výrobce desek firma Pavatex ve spolupráci s autorizovanými zkušebnami v daném oboru.

**ISOLAIR**
**ISOLAIR UD**
**ISOROOF**

**PAVATHERM-PLUS**

**PAVATHERM-COMBI**
**SWISSTHERM-COMBI**

**PAVAFLEX**
**PAVAFLEX PLUS**

**PAVATHERM**

## TEORIE ZATEPLOVÁNÍ

Zateplení obytných podkroví s viditelnými krokvemi na palubkovém záklopu se realizuje ve dvou konstrukčních řešeních. Podle toho, zda je na záklopu pod tepelnou izolací použita parotěsná fólie ***(difúzně uzavřená konstrukce)*** nebo je použita parobrzdná fólie ***(difúzně otevřená konstrukce)***. **První varianta** předpokládá tepelně izolační materiály, které samy o sobě si řízenou difúzí vodní páry neumí poradit. **Druhá varianta**, modernější, pokrokovější, není až tolik závislá na kvalitě provedení jediné vrstvy tenčí než 1 mm.

Difúzně otevřené konstrukční systémy střešních plášťů s deskami Pavatex navíc přinášejí další výhody, plynoucí ze samotných vlastností dřevovlákna.

V tomto zjednodušeném technologickém předpisu se věnujeme použití dřevovláknitých izolačních desek PAVATEX, které v sobě skrývají hned několik funkcí:

- Izolace proti chladu *(ZIMNÍ ENERGETIKA, malá tepelná vodivost)*
- Izolace proti teplu *(LETNÍ ENERGETIKA, objemová hmotnost, akumulace tepla)*
- Izolace proti hluku *(VZDUCHOVÁ NEPRŮZVUČNOST, vláknitá struktura, hmotnost)*
- Izolace proti požáru *(POŽÁRNÍ ODOLNOST KONSTRUKCE, dřevní hmota, hmotnost)*
- Mechanická odolnost *(Tuhá deska chrání konstrukci krovu proti mechanickému poškození při porušení střešní krytiny)*

## SOUČINITEL TEPLOTNÍ VODIVOSTI

***[(citace** ČSN 730540-1: 2005 - Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie)*

**4.3.16**
**součinitel teplotní vodivosti** *(temperature diffusivity factor)*
***a [m².s]***, schopnost stejnorodého materiálu o definované vlhkosti vyrovnávat rozdílné teploty při neustáleném vedení tepla, je dán vztahem:

$$a = \frac{\lambda}{c \,.\, \rho}$$

kde ρ je objemová hmotnost ve stavu definované vlhkosti, [kg/(m$^3$)];
λ součinitel tepelné vodivosti, [W/(m.K)];
c měrná tepelná kapacita, [J/(kg.K)],

POZNÁMKY

1. Podle hodnoty součinitele teplotní vodivosti lze usuzovat na rychlost změny teploty v určitém místě materiálu (stejnorodé vrstvě konstrukce) v důsledku změny jeho povrchové teploty. Čím je hodnota teplotní vodivosti materiálu vyšší, tím je teplota v určitém místě materiálu výrazněji závislá na změně jeho povrchové teploty.

***(konec citace)]***

Jinými slovy, čím je hodnota ***a*** vyšší, tím rychleji se materiál prohřívá/prochlazuje od změn povrchové teploty v neustáleném teplotním stavu. Protože každá stavební konstrukce se trvale nachází v neustáleném teplotním stavu (reaguje na změny teploty exteriéru), je logické, že zaměřit se pouze na jeden parametr charakterizující tepelně-izolační vlastnosti stavebních materiálů, a to součinitel tepelné vodivosti **λ** [W/(m.K)], je nedostačující, někdy bývá až scestné a vedoucí k mylné interpretaci kvality materiálu.

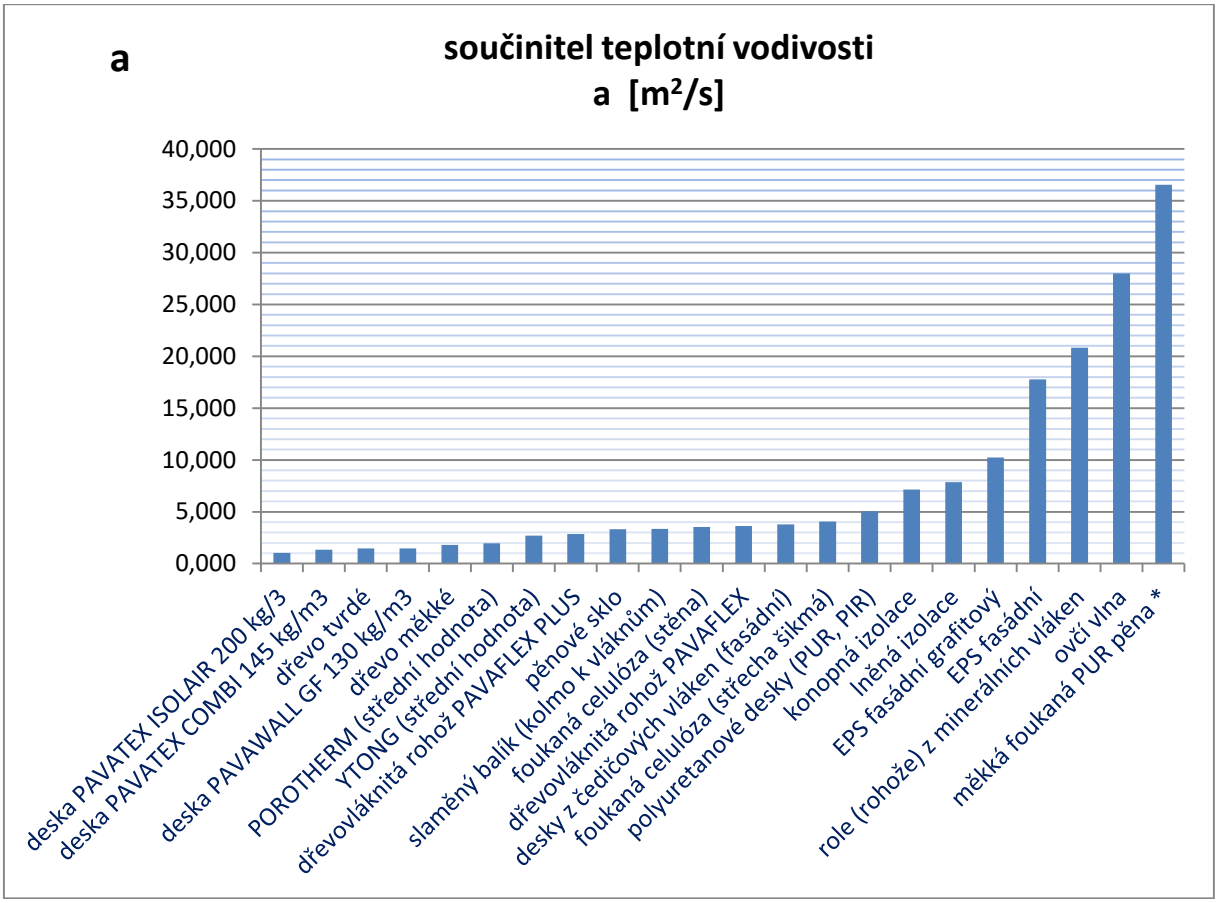
O skutečných tepelně-izolačních vlastnostech v reálných klimatických podmínkách neustáleného teplotního stavu vypovídají kromě zmíněné tepelné vodivosti **λ** navíc tepelně-akumulační vlastnosti materiálu dané dvěma parametry:

- **ρ** objemová hmotnost, [kg/(m$^3$)];
- **c** měrná tepelná kapacita, [J/(kg.K)],

Z výše uvedeného vyplývá, že čím je menší hodnota **a**, tím lépe se materiál chová v reálném prostředí. Lépe znamená, že minimálně reaguje na změny teploty venkovního vzduchu, udržuje stabilní teplotu uvnitř v podkroví a dodává obyvatelnému podstřeší komfortní mikroklima bez nutnosti instalace zbytečné a drahé klimatizace.

Matematicky vzato, snažíme se volit takové materiály, které mají ve zlomku co nejmenší čitatel (= součinitel tepelné vodivosti **λ**), a / nebo mají co největší jmenovatel (= součin měrné teplené kapacity **c** a objemové hmotnosti **ρ**). Tak, aby zmíněný podíl byl co nejmenší.

Součinitele teplotní vodivosti vybraných stavebních a tepelně-izolačních materiálů jsou uvedeny v grafu na Obr. 1.




*Obr. 1 : Součinitele teplotní vodivosti vybraných stavebních a izolačních materiálů*

*<u>Poznámka 1) : komentář k Obr. 1.</u> Když si odmyslíme dva zdící materiály (Porotherm a Ytong), zbývají pouze výrobky charakterizované souhrnným názvem „tepelné izolace“. Protože jejich součinitele tepelné vodivosti se vesměs pohybují v hodnotách **λ** = 0,022–0,060 W/(m².K), můžeme konstatovat, že čitatel zlomku je velice podobný. Rozdílné jsou ovšem akumulační vlastnosti, a to jak široká škála **c**=840–2100 J/(kg.K), tak **ρ**=8–200 kg/m³. Je evidentní, že rozhodující faktor pro určení izolační schopnosti v reálném neustáleném teplotním režimu je právě zde. Proto na levé straně grafu je dřevovláknitá deska Pavatex Isolair s oběma maximálními hodnotami (**c**=2100 J/(kg.K), **ρ**=200 kg/m³). Následována dalšími materiály. Na opačném pólu stupnice se objevuje měkká foukaná polyuretanová pěna, lehký výrobek (**ρ**=8 kg/m³). Z praktického hlediska nelze tento materiál dpporučovat k zateplování podkroví, aniž by obyvatel nebyl vystaven celoročnímu i celodennímu kolísání teplot a to až k tak vysokým letním teplotám, že se místnosti bez klimatizace stávají neobyvatelnými.*

## TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI STŘEŠNÍCH PLÁŠŤŮ

Tuhé desky Pavatex, které se kladou vždy na záklop nad krokvemi, se používají v těchto výrobních a typových označení:

- ISOLAIR, ISOLAIR UD
- PAVATHERM-COMBI
- SWISSTHERM-COMBI
- ISOROOF
- PAVATHERM-PLUS
- PAVATHERM
- PAVAFLEX, PAVAFLEX PLUS

Kromě tuhých desek je možné navrhnout konstrukci s pružnou (Pavaflex) nebo foukanou izolací. Tato varianta se neobejde bez dalších trámů, falešných krokví, položených na záklopu v místě nosných krokví krovu. Až na ně se poté kladou tuhé desky, v tloušťce alespoň 52 mm, které eliminují vzniklé tepelné mosty. V úvahu připadají tyto typy výplňových izolačních materiálů:

- Dřevovláknitá tepelná izolace (pružné rohože PAVAFLEX, PAVAFLEX PLUS)
- Minerální tepelná izolace (skelná nebo čedičová)
- Foukaná tepelná izolace (celulóza, skelné vlákno, dřevní vlákno …)

Desky se od sebe nepatrně liší v některých fyzikálních vlastnostech, jak je uvedeno v ***Tabulce 1)***.

| VLASTNOSTI DESEK PAVATEX | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **TYP DESKY** | | **fyzikální vlastnost a hodnota** | | | |
| **NÁZEV** | **Tloušťky** | **Součinitel tepelné vodivosti** | **Objemová hmotnost** | **Rozměr desky** | **Krycí rozměr** |
| | mm | W/(m.K) | kg/m$^3$ | mm x mm | mm x mm |
| ISOLAIR | 35 - 60 | 0,044 | 200 | 2500 x 770 | 2480 x 750 |
| ISOLAIR | 80 | 0,044 | 200 | 1800 x 580 | 1780 x 560 |
| ISOLAIR UD | 100 | 0,044 | 200 | 1800 x 580 | 1780 x 560 |
| ISOLAIR | 100 - 160 | 0,041 | 145 | 1800 x 580 | 1780 x 560 |
| PAVATHERM-COMBI | 40 - 80 | 0,041 | 145 | 1800 x 580 | 1780 x 560 |
| SWISSTHERM-COMBI | 60 - 160 | 0,043 | 175 | 1800 x 580 | 1780 x 560 |
| ISOROOF | 20 - 24 | 0,047 | 240 | 2500 x 770 | 2480 x 750 |
| ISOROOF | 35 - 60 | 0,046 | 230 | 2500 x 770 | 2480 x 750 |
| PAVATHERM-PLUS | 60 - 160 | 0,043 | 190 | 1800 x 580 | 1780 x 560 |
| PAVATHERM * | 40 - 200 | 0,038 | 110 | 1100 x 600 | 1100 x 600 |
| PAVAFLEX | 40 - 240 | 0,038 | 50 | 1220 x 575 | 1220 x 575 |
| PAVAFLEX PLUS | 40 - 240 | 0,036 | 60 | 1220 x 575 | 1220 x 575 |

** - Pavatherm tloušťky 140 – 160 – 180 – 200 mm : okraj s přesahem*

***Tabulka 1)*** *Základní fyzikální a geometrické vlastnosti desek PAVATEX*

Předpokládejme na krokvích položený pohledový záklop z dřevěných palubek spojovaných navzájem spojem pero-drážka. Na palubkách je nezbytná **parobrzdná a vzduchotěsná membrána**, jejíž ekvivalentní difúzní tloušťka je minimálně $S_d \geq 2{,}0$ m. Proto je třeba při montáži dbát na pečlivé napojení na všechny okolní konstrukce včetně střešních oken. Nejčastěji používaný je systém souvislé plochy z desek Pavatex. Vzhledem

k požadovanému součiniteli prostupu tepla a s ohledem na pevnostní charakteristiky desek (napětí v tlaku při 10% stlačení) se musí téměř vždy použít desky ve dvou vrstvách na sobě. Následující tři tabulky zobrazují vzájemné kombinace materiálů:

- ISOLAIR, PAVATHERM-COMBI; ρ=145 kg/m$^3$ (na záklopu i pod kontralatěmi) v jedné až dvou vrstvách, ***Tabulka 2)***
- PAVAWALL GF ; ρ=130 kg/m$^3$ (na záklopu) + ISOLAIR, PAVATHERM-COMBI; ρ=145 kg/m$^3$ (pod kontralatěmi), ***Tabulka 3)***
- PAVATHERM; ρ=110 kg/m$^3$ (na záklopu) + ISOLAIR, PAVATHERM-COMBI; ρ=145 kg/m$^3$ (pod kontralatěmi), ***Tabulka 4)***
- PAVATHERM; ρ=110 kg/m$^3$ (na záklopu) + ISOLAIR, ISOROOF; ρ=200-240 kg/m$^3$ (pod kontralatěmi), ***Tabulka 5)***

| NADKROKEVNÍ IZOLACE = tloušťka tepelné izolace<br>pavatex ISOLAIR, PAVATHERM-COMBI (ρ=145 kg/m$^3$) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **140 mm** | | **160 mm** | | **180 mm** | | **200 mm** | | **220 mm** | |
| **U** W/(m$^2$.K) | **ψ** hod | **U** W/(m$^2$.K) | **ψ** hod | **U** W/(m$^2$.K) | **ψ** hod | **U** W/(m$^2$.K) | **ψ** hod | **U** W/(m$^2$.K) | **ψ** hod |
| 0,273 | 7,1 | 0,241 | 8,3 | 0,216 | 9,6 | 0,195 | 10,8 | 0,178 | 12,1 |
| | | | | | | | | | |
| **240 mm** | | **260 mm** | | **280 mm** | | **300 mm** | | **320 mm** | |
| **U** W/(m$^2$.K) | **ψ** hod | **U** W/(m$^2$.K) | **ψ** hod | **U** W/(m$^2$.K) | **ψ** hod | **U** W/(m$^2$.K) | **ψ** hod | **U** W/(m$^2$.K) | **ψ** hod |
| 0,164 | 13,4 | 0,152 | 14,6 | 0,141 | 15,9 | 0,132 | 17,1 | 0,124 | 18,4 |

***Tabulka 2)*** *Tepelně technické charakteristiky zateplení deskami ISOLAIR, PAVATHERM-COMBI (obojí **ρ**=145 kg/m$^3$)*

| pavatex NADKROKEVNÍ IZOLACE PAVATHERM (na záklopu) | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| tloušťka ISOROOF mm | **140 mm** | | **160 mm** | | **180 mm** | | **200 mm** | | **220 mm** | | **240 mm** | | **260 mm** | |
| | **U** W/(m$^2$.K) | **ψ** hod | **U** W/(m$^2$.K) | **ψ** hod | **U** W/(m$^2$.K) | **ψ** hod | **U** W/(m$^2$.K) | **ψ** hod | **U** W/(m$^2$.K) | **ψ** hod | **U** W/(m$^2$.K) | **ψ** hod | **U** W/(m$^2$.K) | **ψ** hod |
| **20** | 0,229 | 7,4 | 0,204 | 8,6 | 0,185 | 9,7 | 0,168 | 10,9 | 0,155 | 12,0 | 0,143 | 13,1 | 0,133 | 14,3 |
| **35** | 0,212 | 8,5 | 0,190 | 9,7 | 0,173 | 10,8 | 0,159 | 11,9 | 0,146 | 13,1 | 0,136 | 14,2 | 0,127 | 15,3 |
| **52** | 0,196 | 9,8 | 0,177 | 10,9 | 0,162 | 12,1 | 0,149 | 13,2 | 0,139 | 14,4 | 0,129 | 15,5 | 0,121 | 16,6 |
| **60** | 0,189 | 10,4 | 0,172 | 11,6 | 0,158 | 12,7 | 0,145 | 13,8 | 0,135 | 15,0 | 0,126 | 16,1 | 0,118 | 17,2 |

***Tabulka 3)*** *Tepelně technické charakteristiky zateplení deskami PAVATHERM (**ρ**=110 kg/m$^3$) + ISOROOF (tl. 20 mm, **ρ**=240 kg/m$^3$), ISOLAIR (tl. 35-60 mm, **ρ**=200 kg/m$^3$)*

| pavatex | VIDITELNÉ KROKVE = tloušťka tepelné izolace PAVATHERM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 100 mm | | 120 mm | | 140 mm | | 160 mm | | 180 mm | | 200 mm | | 220 mm | | 240 mm | | 260 mm | | | | | |
| tloušťka Pavatex mm | U W/(m².K) | Ψ hod | U W/(m².K) | Ψ hod | U W/(m².K) | Ψ hod | U W/(m².K) | Ψ hod | U W/(m².K) | Ψ hod | U W/(m².K) | Ψ hod | U W/(m².K) | Ψ hod | U W/(m².K) | Ψ hod | U W/(m².K) | Ψ hod | | | | |
| 60 | 0,230 | 7,6 | 0,205 | 8,8 | 0,185 | 9,9 | 0,169 | 11,0 | 0,155 | 12,2 | 0,143 | 13,3 | 0,133 | 14,5 | 0,125 | 15,6 | 0,117 | 16,7 | | | | |
| 80 | 0,207 | 8,9 | 0,187 | 10,1 | 0,170 | 11,2 | 0,156 | 12,3 | 0,144 | 13,5 | 0,134 | 14,6 | 0,125 | 15,7 | 0,117 | 16,9 | — | — | | | | |
| 100 | 0,188 | 10,2 | 0,171 | 11,3 | 0,157 | 12,5 | 0,145 | 13,6 | 0,135 | 14,7 | 0,126 | 15,9 | 0,118 | 17,0 | — | — | — | — | | | | |
| 120 | 0,172 | 11,4 | 0,158 | 12,6 | 0,146 | 13,7 | 0,135 | 14,9 | 0,126 | 16,0 | 0,119 | 17,1 | — | — | — | — | — | — | | | | |
| 140 | 0,159 | 12,7 | 0,147 | 13,8 | 0,136 | 15,0 | 0,127 | 16,1 | 0,119 | 17,2 | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | |
| 160 | 0,147 | 14,0 | 0,137 | 15,1 | 0,128 | 16,2 | 0,120 | 17,4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | | | | |

***Tabulka 4)*** *Tepelně technické charakteristiky zateplení deskami PAVATHERM (**ρ**=110 kg/m³) + ISOLAIR, PAVATHERM-COMBI (obojí **ρ**=145 kg/m³)*

Druhé řešení nadkrokevní izolace nabízí pružná výplňová rohož PAVAFLEX (případně o něco těžší PAVAFLEX PLUS). Ta se musí vkládat do pomocného roštu. Nejjednodušší je varianta dalších „krokví“, které kopírují krokve v interiéru. Svrchu se překryjí tuhou deskou, například ISOLAIR, PAVATHERM COMBI ρ=145 kg/m$^3$; (eliminace tepelných mostů). Příklad použití Pavatherm-Combi a tepelně technické vlastnosti zateplení jsou v následující Tabulce 5). Alternativně je možné použít desky ISOLAIR (tloušťky 35-60 mm) desky PAVATHERM-PLUS (tloušťky 60-160 mm), desky ISOROOF (tloušťky 24-60 mm).

| pavatex | VIDITELNÉ KROKVE = tloušťka tepelné izolace PAVAFLEX | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| tloušťka ISOLAIR COMBI mm | 120 mm | | 140 mm | | 160 mm | | 180 mm | | 200 mm | | 220 mm | |
| | U W/(m$^2$.K) | ψ hod | U W/(m$^2$.K) | ψ hod | U W/(m$^2$.K) | ψ hod | U W/(m$^2$.K) | ψ hod | U W/(m$^2$.K) | ψ hod | U W/(m$^2$.K) | ψ hod |
| 60 | 0,237 | 5,9 | 0,216 | 6,5 | 0,200 | 7,2 | 0,185 | 7,9 | 0,172 | 8,6 | 0,161 | 9,2 |
| 80 | 0,213 | 7,3 | 0,195 | 7,9 | 0,181 | 8,6 | 0,169 | 9,3 | 0,158 | 9,9 | 0,148 | 10,6 |
| 100 | 0,192 | 8,6 | 0,178 | 9,2 | 0,166 | 9,9 | 0,156 | 10,6 | 0,146 | 11,2 | 0,138 | 11,9 |
| 120 | 0,175 | 9,9 | 0,164 | 10,5 | 0,153 | 11,2 | 0,144 | 11,8 | 0,137 | 12,5 | 0,129 | 13,2 |
| 140 | 0,162 | 11,1 | 0,151 | 11,8 | 0,142 | 12,4 | 0,134 | 13,1 | 0,127 | 13,7 | --- | --- |
| 160 | 0,149 | 12,4 | 0,141 | 13,0 | 0,133 | 13,7 | 0,126 | 14,3 | --- | --- | --- | --- |

***Tabulka 5)*** *Tepelně technické charakteristiky zateplení pružnou izolací PAVAFLEX (**ρ**=50 kg/m$^3$) + ISOLAIR, PAVATHERM-COMBI (obojí **ρ**=145 kg/m$^3$)*

*Poznámka 2): v tabulkách 2) až 5) jsou vyhodnoceny dvě stavebně fyzikální vlastnosti střešního pláště*

- *Součinitel prostupu tepla: U [W/(m$^2$.K)]*
- *Fázový posun teplotního kmitu: Ψ [hodina]*

*Poznámka 3): výpočet byl proveden programem TEPLO 2014*

*Poznámka 4): použitím těžší dřevovláknité rohože PAVAFLEX PLUS místo PAVAFLEX se nepatrně prodlouží fázový posun teplotního kmitu a sníží součinitel prostupu tepla (Tabulka 5).*

## DVĚ TECHNOLOGIE ZATEPLOVÁNÍ

Prakticky lze použít dva konstrukční systémy:

- **Vícevrstvé kladení tuhých desek.** Řešení poskytuje souvislou vrstvu dřevovláknité tepelné izolace Pavatex

VÝHODY:

- bez tepelných mostů
- větší objemová hmotnost souvrství = větší tepelná akumulace >> maximální tepelná stabilita interiéru pod střechou a izolace proti letnímu přehřívání
- menší pracnost
- montáž jedním typem vrutů

NEVÝHODY :

- jsou potřeba delší vruty pro připevnění kontralatí

- **Pružná rohož PAVAFLEX nebo PAVAFLEX PLUS mezi pomocnými krokvemi + tuhá deska**

VÝHODY :

- kratší vruty ve dvojím provedení (pomocné krokve do nosných krokví, kontralatě přes Pavatex do pomocných krokví)
- menší zatížení střechy

NEVÝHODY :

- tepelné mosty v místě pomocných krokví
- větší pracnost
- o něco málo menší objemová hmotnost souvrství = menší tepelná akumulace >> poněkud menší tepelná stabilita interiéru pod střechou
- montáž dvěma typy vrutů

## Materiálové uspořádání - vícevrstvé kladení tuhých desek

A) Nejlehčí a energeticky nejúspornější varianta (největší tepelný odpor) je souvrství dvou materiálů (***Tabulka 3***):
- **PAVATHERM** na záklop (160-200 mm)
- **ISOROOF** nebo **ISOLAIR** ve druhé vrstvě, stačí tl. 20-35 mm

B) O něco těžší a tím i větší akumulaci lze získat použitím dvou materiálů s většími tloušťkami desky Pavatherm-Combi a Isolair (***Tabulka 4***):
- **PAVATHERM** na záklop
- **PAVATHERM-COMBI, ISOLAIR** ve druhé vrstvě, tl. min 60 mm

C) Ještě těžší konstrukci a tím i větší akumulaci lze získat použitím jednoho materiálu s většími tloušťkami desky Isolair a Pavatherm-Combi (***Tabulka 2***):
- **ISOLAIR, PAVATHERM-COMBI** v tloušťkách do 160 mm

*POZNÁMKA 5): ve variantách A) a B) je možné na základní vrstvu Pavatherm použít tuhou nadkrokevní izolační desku PAVATHERM-PLUS (místo Isolair a Isoroof).*
*POZNÁMKA 6): variantu C) je možné kombinovat libovolně z výrobků Pavatherm-Combi, Isolair, Pavatherm-Plus Swisstherm-Combi.*

## KLADENÍ DESEK

Desky PAVATHERM (rozměr 110x60 cm) se pokládají na záklop od okapu směrem ke hřebeni, obvykle delší stranou kolmo na krokve. Tloušťky do 120 mm mají tupý spoj (na sraz), větší tloušťky 140 - 200 mm mají přesazený okraj, je proto nutné jeden „zub“ podél okrajů střechy oříznout. Další vrstva desek ISOLAIR, PAVATHERM-COMBI, (alt. PAVATHERM-PLUS) se klade opět delší stranou kolmo na krokve, perem nahoru ke hřebeni, drážkou dolu k okapu. Svislé styčné spáry (ve směru krokví) by měly být v obou vrstvách na vazbu o 250-300 mm. Všechny spoje horní vrstvy v ploše střechy jsou uzavřeny celoobvodovým zámkem „pero-drážka“. Spáry se nelepí!

### Pružná rohož PAVAFLEX mezi pomocnými krokvemi + tuhá deska

Pružná výplňová rohož se vkládá mezi pomocné krokve. Ideální světlá vzdálenost mezi krokvemi je 565 mm (rozměr rohože Pavaflex je 575X1220 mm). Následující tuhá deska Pavatherm-Combi, (Isolair, Isoroof, Pavatherm-Plus, Swisstherm-Combi) se pokládá na vložené krokve stejným způsobem, jako na běžné krokve krovu.

Názorný příklad tepelně-technických vlastnosti rohože PAVAFLEX a PAVATHERM-COMBI ve více variantách tlouštěk je uveden v Tabulce 5). Do výpočtu součinitele prostupu tepla U jsou zahrnuty vložené KVH profily šířky 60 mm osově od sebe vzdálené 625 mm.

*POZNÁMKA 7):Tepelné mosty vznikající v místě vložených krokví lze částečně eliminovat úpravou skladby materiálů. Pružná rohož se rozdělí na dvě vrstvy do dvou pomocných laťových roštů. První pomocný rošt na záklopu se dává kolmo na krokve, druhý pomocný rošt ve směru krokví. Tím se*

*podstatně zmenší tepelné mosty, které se z původních „liniových“v celé tloušťku Pavatexu změní na „bodové“ v místě křížení pomocných roštů.*

*POZNÁMKA 8) Praktické zkušenosti ukazují, že realizační firmy upřednostňují dvě vrstvy tuhých desek před pružnou rohoží Pavaflex.*

## POJISTNÁ KONTAKTNÍ DIFÚZNÍ HYDROIZOLACE

Všechny použitelné desky Pavatex (Isoliar, Pavatherm-Combi, Pavatherm-Plus, Isoroof, Swisstherm-Combi), které uzavírají střechu pod kontralatěmi, jsou dostatečně hydrofobizované. Odolávají povětrnostním vlivům až po dobu tří měsíců. Z toho důvodu pojistná hydroizolace není bezpodmínečně nutná. Je jen doporučená, ovšem musí se použít vždy, pokud je sklon střechy menší než 30°. V tom případě se celá plocha střechy po zateplení zakryje pojistnou kontaktní difúzní hydroizolací. Požadovaná ekvivalentní difúzní tloušťka $S_d$=0,02-0,05 m. Folii je nutné ve všech spojích slepit, nebo použít výrobek s integrovanou lepicí páskou. V případě střech s větším sklonem bez difúzní fólie záleží na úvaze projektanta, jakým způsobem navrhne detail napojení střešních oken a dalších anomálií v ploše střechy tak, aby byla zajištěna souvislá voděodolná plocha pod střešní krytinou. Totéž se týká úžlabí, hřebene a jiných zlomů ve střešní rovině v místech, kde desky nejsou navzájem spojeny zámkem pero-drážka.

## KOTVENÍ DESEK - KONTRALATĚ A VRUTY

Pro sklon střechy 25°a více se obvykle používají kontralatě výšky 40 mm, které vytvářejí mezi dřevovláknitou deskou a střešní krytinou provětrávanou vzduchovou mezeru. Výška kontralatí na střeše o menším spádu se musí určit podle skutečného sklonu a délky střechy. Kontralatě fixují celou vrstvu nadkrokevní izolace a střešní krytinu do nosné střešní konstrukce. Šroubují se samořeznými vruty do dřeva.

*POZNÁMKA 9): zvláštní pozornost je potřeba věnovat střešním oknům. Kontralatě musí být pod a nad oknem přerušeny, aby bylo umožněno provětrání všech prostor pod střešní krytinou, Obr. 2).*

### Vruty RAPI-TEC®

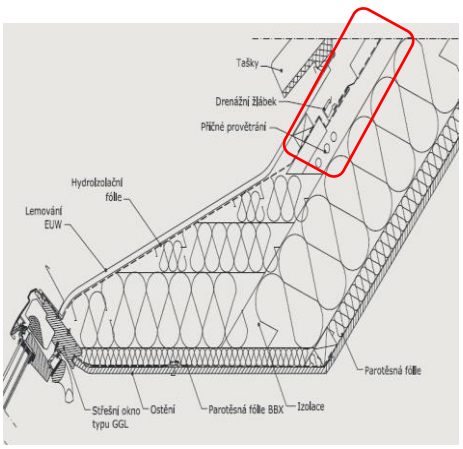
Průměr vrutů je 8 mm. Doporučené jsou stavební vruty RAPI-TEC® HBS (bez podložky) v délkách 180 - 500 mm. Pro větší přítlačnou sílu lze použít rovněž speciální vruty RAPI-TEC® SK TopTherm s větší plochou hlavou, dodávané v délkách 220-400 mm. Dodavatel vrutů je HPM-TEC s.r.o., Hustopeče u Brna. U šikmých střech se sklonem 30° a více se vruty odklánějí o 20°-25°od kolmé roviny ke střeše. Viz schéma na *Obr 2*.

- Vzájemná vzdálenost vrutů: v okrajových místech střechy (okap, hřeben, štít) maximálně 800 mm, v ploše střechy maximálně 1000 mm.
- Hloubka zapuštění vrutu do krokve je minimálně 80 mm.

Varianta s pružnou rohoží a pomocnými krokvemi vyžaduje přišroubovat pomocný rošt do krokví. Opět se použije jeden ze dvou zmíněných typů vrutů.

**POŽADOVANÁ DÉLKA VRUTŮ**

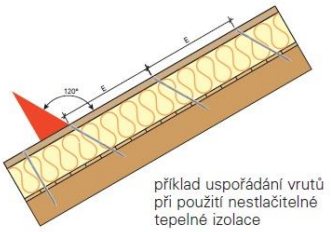
| Tloušťka desek | Výška kontralatě | Délka vrutu | Označení vrutu |
|---|---|---|---|
| mm | mm | mm | |
| 180 | 40 | 320 | 8,0x320/80 R |
| 200 | 40 | 340 | 8,0x340/80 R |
| 220 | 40 | 360 | 8,0x360/80 R |
| 240 | 40 | 380 | 8,0x380/80 R |
| 260 | 40 | 400 | 8,0x400/80 R |
| 280 | 40 | 420 | 8,0x420/100 R |
| 300 | 40 | 440 | 8,0x440/100 R |



***Tabulka 7)*** *Doporučené délky vrutů* RAPI-TEC® ***Obr. 2)*** *přerušení kontralatí, zdroj www.velux.cz*

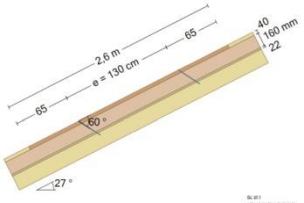
**Vruty SFS Twin UD & HT-T-FH-PT**

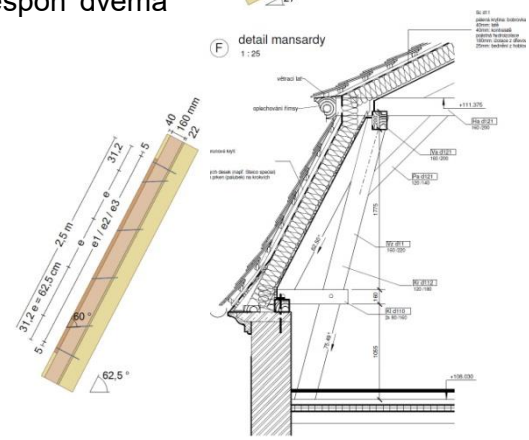
Do střešních konstrukcí s dřevovláknitou izolací nad krokvemi jsou speciálně vyvinuty vruty SFS Twin UD s dvojitým závitem v kombinaci s vruty s plochou hlavou HT-T-FH-PT. Výrobce vrutů, firma SFS Group CZ s.r.o., uvádí zásady pro použití:




- kotvení se provádí dvěma typy vrutů:
  - šikmé vruty se zápustnou hlavou a dvojitým závitem TWIN UD (svislé zatížení, vlastní tíha střešní krytiny + tíha sněhu)
  - kolmé vruty s plochou hlavou HT-T-FH-PT (tahové síly, sání větru)
- úhel sklonu šikmých vrutů od roviny střechy je 60°; měrka úhlu je součástí balení každé krabice
- každá jedna kontralať musí být připevněna alespoň dvěma vruty
- každý jeden kus kontralatě musí být připevněn na každém konci kolmým vrutem ve vzdálenosti 50 mm od konce
- maximální povolená vzdálenost šikmých vrutů (protokol ETA) po délce krokve je 1,75 m
- každá krabice s vruty obsahuje 1 bit
- krokve a kontralatě se nepředvrtávají

***Obr. 3)*** *: schéma uspořádání šikmých vrutů Twin UD*




***Obr. 4)*** *Sklon střešního pláště ovlivňuje počet vrutů a jejich vzájemnou osovou vzdálenost*

Vruty lze použít pro všechny typy šikmých střech: sedlové valbové, pultové, stejně tak i pro kotvení laťového roštu pro obklad u provětrávané fasády.

Orientační doporučené délky vrutů jsou v Tabulce 7).

Přesný návrh délky, vzájemných roztečí a umístění vrutů včetně výpočtu počtu kusů lze zadat prostřednictvím vyplněné tabulky v Příloze 1). Přesnější statický výpočet délky, počtu a rozmístění vrutů je použitelný pro šikmé střechy v rozsahu sklonu od 5° do 75°. Kotvení svislých latí na obvodovém plášti pro předsazený obklad s provětrávanou vzduchovou mezerou je předmětem samostatného statického výpočtu.

Rozdílný počet vrutů na mansardové střeše, kde jedinou odlišností jsou dva různé sklony střechy, je zřejmý z Obr. 3).

Vaším dodavatelem vrutů SFS je firma Insowool s.r.o. Ceník si vyžádejte v obchodním oddělení. Požádejte zároveň nezávazně o statický návrh počtu, délky a umístění vrutů.

typ UD- průměr závitu **d** (mm) 7,5 délka **L** (mm) x ...

označení vychází z pojmu **U**nter**D**ach

| označení/rozměry v mm | délka (mm) | tloušťka tepelné izolace při výšce kontralatě (mm) 40 | 60 | 80 | tloušťka záklopu (mm) | počet kusů v balení | materiál/ certifikát |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **UD** | | | | | | | |
| UD-7,5 x 170 | 170 | 50 | - | - | 19 | 50 | |
| UD-7,5 x 190 | 190 | 60 | - | - | 19 | 50 | |
| UD-7,5 x 210 | 210 | 80 | 60 | - | 19 | 50 | |
| UD-7,5 x 230 | 230 | 100 | 80 | 60 | 19 | 50 | |
| UD-7,5 x 250 | 250 | 120 | 100 | 80 | 19 | 50 | |
| UD-7,5 x 270 | 270 | 140 | 120 | 100 | 19 | 50 | |
| UD-7,5 x 300 | 300 | 160 | 140 | 120 | 19 | 50 | |
| UD-7,5 x 330 | 330 | 180 | 160 | 140 | 19 | 50 | |
| UD-7,5 x 360 | 360 | 200 | 180 | 160 | 19 | 50 | |
| UD-7,5 x 400 | 400 | 240 | 220 | 200 | 19 | 50 | |
| UD-7,5 x 440 | 440 | 280 | 260 | 240 | 19 | 50 | |
| UD-7,5 x 480 | 480 | 300 | 280 | 260 | 19 | 50 | |
| UD-7,5 x 520 | 520 | 320 | 300 | 280 | 19 | 50 | |
| Excentrická vrtací špice vrtá rychleji a zabraňuje praskání kontralatí. | | | | | | | |
| bit T40-70-HEX1/4" | | | | | | 1 | |

***Tabulka 8)*** *Doporučené orientační délky vrutů Twin UD do šikmých střech s nadkrokevní izolací*

## NÁROŽÍ, ÚŽLABÍ, HŘEBEN

Desky Pavatex se oříznou na požadovaný tvar, navzájem se napojí „na sraz“. Spoj je vhodné slepit PUR lepidlem. Jakékoliv další spáry (kdekoliv v ploše střechy) širší než 4-5 mm je vhodné vyplnit nízkoexpanzní PUR pěnou (je nutné, pokud není použita pojistná hydroizolace).

Požadavek na pojistnou hydroizolaci: úžlabí, nároží a hřeben se překryje samostatným pruhem folie s přesahem cca 300 mm na obě strany tak, aby voda stékala „po spádu“. Folii je nutné ve všech spojích slepit.

***Foto 1)*** *Dřevěný hranol podél okapu vytvoří rovnou linii a oporu pro položení první řady desek*

## PRAKTICKÁ DOPORUČENÍ

Obvod střechy na výšku zateplení je vhodné ochránit KVH hranolem šířky 60 mm, výška dle tloušťky souvrství Pavatex, Obr. 3). Spodní hranol u okapu je možné připevnit pomocí zavětrovací děrované pásky do plochy střechy v místě krokví. Tím se zabezpečí kompletní střešní plášť proti sesunutí. Diagonálně umístěné zavětrovací pásky nad záklopem pod deskami ztužují střechu ve své rovině.

Následující fotodokumentace je konstrukce zateplení pultové střechy se sklonem 12°.

***Foto 2, 3)*** *Celoobvodový střešní rám na pultové střeše, připevnění pomocí zavětrovacích pásek do krokví*

***Foto 4, 5)*** *Kladení desek ve třech vrstvách na sebe (desky Hofatex UD, 3x100 = 300 mm), spoje všech desek „na vazbu“. Diagonální vyztužení střechy v tomto případě ztužuje pultovou střechu v rovině střechy*

***Foto 6, 7)*** *Uložení kontralatí, šroubování samořeznými stavebními vruty RAPI-TEC HBS, 460 mm*

***Foto 8, 9)*** *Detail souvrství Pavaflex 100 mm + Pavatherm-Combi 80 mm*

Rekonstrukce staršího krovu rodinného domu dokumentuje následující soubor fotografií 10) – 15). Na zateplení jsou použity desky Isolair 2x120 mm, celkem 240 mm teplené izolace. Vruty SFS Twin UD, délka 440 mm. Kontralatě průřez 60/60 mm, sklon střechy je 41°. Doporučená vzdálenost (podložená statickým výpočtem firmy SFS) šikmých vrutů na kontralati délky 4,0 m je 150 cm, na Foto 13).

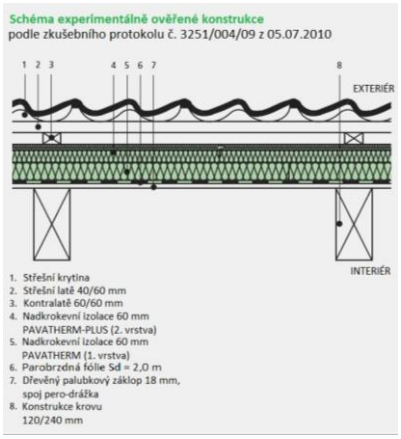
***Foto 10, 11)*** *Pohled z půdy na krokve s ponecháním původních nepoškozených prvků*

***Foto 12, 13)*** *Staveništní příprava vrutů Twin UD 440 mm do kontralatí a jejich šroubování na střeše*

***Foto 14, 15)*** *Zateplená část střechy směrem do ulice. Detail v řezu, zřetelné jsou dvě desky tl. 120 mm položené na sobě*

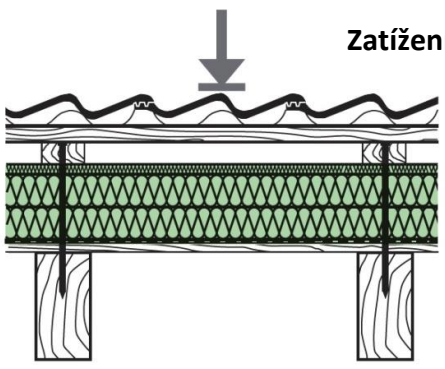
***Foto 16, 17)*** *Model konstrukce – pohled boční a pohled čelní*

## POŽÁRNÍ ODOLNOST KONSTRUKCE REI 45 (i→o)

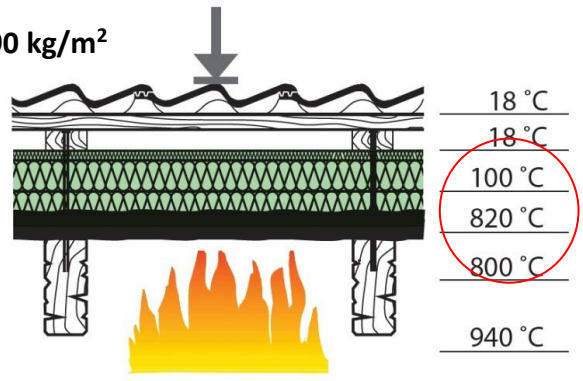


Mnohé testy a experimentální ověřování v notifikovaných zkušebnách (ať už českých, tak i zahraničních) prokazují velice dobré požární odolnosti celých konstrukcí. I když jsou dřevovláknité izolace klasifikovány jako normální hořlavé stavební materiály, (klasifikace podle EN 13501-1; třída reakce na oheň E), tak významným způsobem přispívají k odolnosti konstrukcí vůči požáru. A to bez ohledu na to, zda se jedná o střechu, stěnu, nebo strop.

Zvýšená bezpečnost je dána vysokou tepelnou kapacitou izolačních desek, které téměř úplně zabraňují po zkušební dobu přenosu tepla. Je to dokumentováno zkouškou a měřením teplot na rozhraní jednotlivých matriálů, Obr.4). Při požáru teplota pod střechou dosahuje teploty až 940° C, zatímco teplota na vnějším povrchu izolantu je pouze 18° C. Je tudíž prokázáno, že během 50 minut trvání zkoušky se veškerá tepelná energie „uschovala“ v izolačním a akumulačním materiálu desek Pavatex. Teplotní gradient je na Obr. 5) označen červeným kroužkem.



***Obr. 4)*** *Nadkrokevní izolace PAVATHERM 60 mm + PAVATHERM-PLUS 60 mm*




***Obr. 5)*** *rozložení teplot v nadkrokevní izolaci po 50 minutách požární zkoušky*

Zkušební model od exteriéru k interiéru

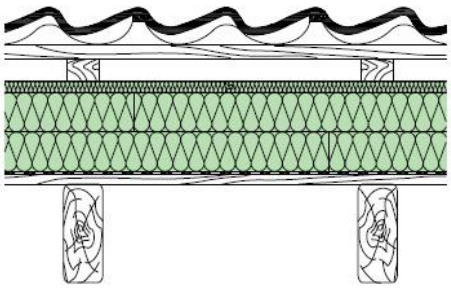
| | |
|---|---|
| | Střešní krytina |
| | Střešní latě |
| | Kontralatě |
| 60 mm | Dřevovláknitá deska PAVATHERM-PLUS |
| 60 mm | Dřevovláknitá deska PAVATHERM |
| 18 mm | Palubkový záklop pero-drážka |
| | Krokve 120x240 mm, osová vzdálenost 100 cm |

*Poznámka 9): Dřevěné krokve byly nadimenzovány v souladu s DIN 4102-4 pro REI 45, aby zachovaly celistvost konstrukce po celou dobu zkoušky.*

## VZDUCHOVÁ NEPRŮZVUČNOST $R_w = 51$ dB

Dřevovláknitá izolace PAVATEX je přirozenou ochranou proti hluku. Každodenní život nás vystavuje čím dál tím hlučnějšímu okolí. Pro každého z nás je stále důležitější vytvářet klidné a tiché zázemí ve svém vlastním domě. Izolační materiály s vysokou objemovou hmotnosti jsou ideální volbou, jak se dostatečně chránit proti hluku přicházejícímu z vnějšího prostředí. S dřevovláknitými izolačními materiály PAVATEX bude doma ticho, protože konstrukce s vysokou plošnou hmotností absorbují zvuk lépe než lehké konstrukce.

Desky Pavatex s objemovou hmotností 130-240 kg/m$^3$ jsou velice dobré pohlcovače zvuku v porovnání se všemi ostatními, zejména lehkými a tenkými izolacemi (kromě izolací vláknitých). Zajišťují spolehlivé a podstatné snížení vnímaného hluku, přednostně ve vysokofrekvenčním pásmu.

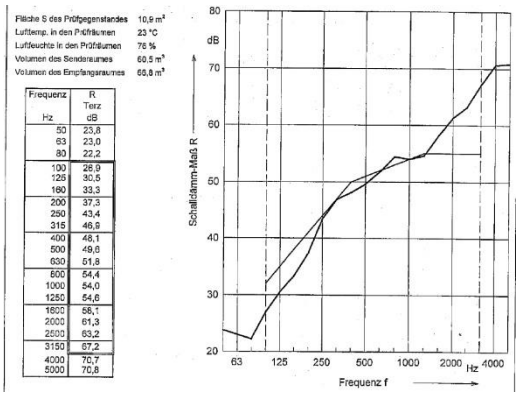



Střešní betonová krytina
Latě 30/50 mm
Kontralatě 40/80 mm
**Deska ISOLAIR 22 mm**
**Deska PAVATHERM 160 mm**
Parobrzdná membrána $S_d$ = 2,0 m
Palubkový záklop pero-drážka 19 mm
Nosná konstrukce střechy 80x220 mm

***Obr. 6)** Schéma a popis experimentálně ověřované konstrukce*

### Střecha – ověřená vzduchová neprůzvučnost

Vedle ostatních konstrukcí (stěny, příčky, stropy) jsou čím dál tím větší požadavky kladeny na zvukovou izolaci střech. Na jedné straně nás zajímá ochrana proti hluku ze silniční, železniční a letecké dopravy a průmyslových oblastí (průchod zvuku střechou). Na straně druhé také ochrana proti přenosu hluku z okolních obytných místností (boční přenosové cesty). Obou cílů ochrany lze dosáhnout pomocí střešních izolací Pavatex. Vláknitá struktura společně s vysokou hustotou materiálu má pozitivní vliv na zvukově izolační účinek celé střechy.




***Obr. 7)** ukázka naměřených hodnot vzduchové neprůzvučnosti, zdroj Pavatex SA*

Optimální poměr cena-výkon : kromě dobrých výsledků vzduchové neprůzvučnosti, které jsou obsaženy v Protokolu o zkoušce č. 030513.T1, byl optimální poměr ceny a výkonu pro zvukovou izolaci střech s dřevovláknitými izolačními deskami PAVATEX potvrzen ze strany dalšího nezávislého výzkumu, viz Poznámka 10).

*Poznámka 10): Výzkumný projekt DGfH (Die Deutsche Gesellschaft für Holzforschung) - nezisková instituce se sídlem v Mnichově, která provádí výzkum na podporu a koordinaci vědy a výzkumu pro celou oblast dřevařství.*
*Poznámka 11): Při porovnání těchto výsledných hodnot Rw s normovými požadavky hluku nebo nařízenými hodnotami ohledně zvukové izolace je potřeba zohlednit a redukovat přenos zvuku přes přilehlé konstrukce. Vliv doprovodných složek se bere v úvahu odpovídajícími koeficienty.*

*Kontakty:*

| | |
|---|---|
| Technické řešení | www.insowool.cz |
| Dřevovláknité desky a rohože PAVATEX | www.insowool.cz |
| Difúzní ekologická izolace Knauf Insulation „diffu“ | www.insowool.cz |
| Difúzní minerální izolace Rotaflex Super Diffu 37 | www.insowool.cz |
| Tenkovrstvé omítky | www.termoholding.cz<br>www.jub.cz<br>www.weber-terranova.cz |
| Kotevní prvky a spony, půjčení sponkovačky | www.insowool.cz |
| Stavební vruty HPM-TEC | www.hpmtec.cz |
| Vruty pro nadkrokevní zateplení SFS | www.insowool.cz |

Objednávky materiálů:
objednavky@insowool.cz
tel. : 773 831 667

Technická podpora :
holub@insowool.cz
tel. : 734 309 367

Za Insowool s.r.o.
Ing. Ivo Holub

Vydání 07 / 2018

Insowool s.r.o.; U Starého mlýna 311/23; 104 00 PARAHA 10 – Uhříněves

## PŘÍLOHA : informace k výpočtu délky a počtu vrutů

SFS intec Twin UD

**ZADAVATEL**
Firma : .....
Jméno : .....
Telefon : .....
e-mail : .....

**STAVBA**
Ulice : .....
PSČ, Obec : .....

**STŘECHA**
☐ Sedlová ☐ Pultová ☐ Valbová
Délka budovy (m) .....
Šířka budovy (m) .....
Sklon střechy (°) .....
Sklon valby (°) .....
Přesah okapu (m) .....
Přesah štítu (m) .....
Přesah hřebene pultové střechy (m) .....
☐ Složitý tvar, posílám půdorys, řez, celkem ☐ příloh PDF

**IZOLANT PAVATEX tloušťka**
PAVATHERM (mm).....
PAVATHERM-COMBI (mm).....
PAVATHERM-PLUS (mm).....
ISOLAIR (mm).....

**UMÍSTĚNÍ PAVATEXU**
☐ Na krokvích ☐ Na záklopu
Tloušťka záklopu (mm) .....

**STŘEŠNÍ KRYTINA**
☐ Krytina plechová, lehká vlnitá, šindele (0,30 kN/m$^2$)
☐ Krytina betonová, keramická, břidlice (0,55 kN/m$^2$)
☐ Tašky bobrovky (0,75 kN/m$^2$)
☐ Vlastní zadání tíhy krytiny ☐ (kN/m$^2$)

**KROKVE**
Osová vzdálenost krokví (m) .....
Výška krokví (cm) .....
Šířka krokví (cm) .....
Počet krokví (ks) *(kontrolní údaj)* .....

**KONTRALATĚ**
Šířka kontralatí (cm) .....
Výška kontralatí (cm) .....
Délka dílčí kontralatě (m) .....

*(délka kontralatě má podstatný vliv na celkový počet vrutů; čím více kratších kontralatí na jedné krokvi, tím více vrutů)*

**FAKTURAČNÍ ADRESA**
Firma : .....
Ulice, číslo : .....
PSČ, obec : .....
e-mail : .....
Telefon : .....

**ADRESA DODÁNÍ vrutů Twin UD**
Firma, jméno : .....
Ulice, číslo : .....
PSČ, obec : .....
Jméno kontaktní osoby : .....
Telefon : .....

Prosím plně vyplněný dotazník se všemi údaji zašlete na e-mail : holub@insowool.cz