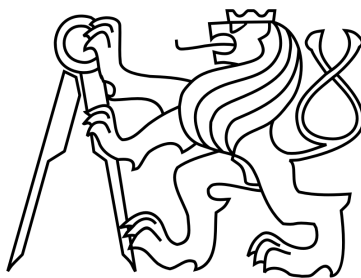


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
FAKULTA STAVEBNÍ  
Katedra technologie staveb**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
Stlačitelnost tepelných izolací ve střešních  
pláštích s hydroizolační vrstvou**

**Ondřej Lamka  
2018**

**Příloha Č. 1 – Tepelně technický výpočet skladeb (Teplo\_Edu)**

# SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 EDU tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce	Typ	R [m <sup>2</sup> K/W]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Ma,max[kg/m <sup>2</sup> ]	Odpaření	DeltaT10 [C]
EPS...	střecha	6.401	0.153	0.0016	ano	---

## Vysvětlivky:

R	tepelný odpor konstrukce
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max	maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10	pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

## KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **EPS**  
Zpracovatel : Ondřej Lamka  
Zakázka :  
Datum : 12. 2. 201

## ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová  
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m<sup>2</sup>K

### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m <sup>3</sup> ]	Mi [-]	Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
1	Železobeton 2	0,2000	1,5800	1020,0	2400,0	29,0	0.0000
2	Bitulep AI 20	0,0020	0,2100	1470,0	1150,0	94120,0	0.0000
3	Isover EPS 70	0,2000	0,0420*	1270,0	16,6	30,0	0.0000
4	Isover EPS 100	0,0600	0,0400*	1270,0	21,6	50,0	0.0000
5	Fatrafol 810	0,0012	0,3500	1470,0	1313,0	24000,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

\* ekvival. tep. vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Železobeton 2	---
2	Bitulep AI 20	---
3	Isover EPS 70	vliv běžných bodových tep. mostů Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.039 W/(m.K) Tep. vodivost bod. mostu: 40.0 W/(m.K) Průřez. plocha bod. mostu: 18.1 mm <sup>2</sup> Počet bod. mostů v 1 m <sup>2</sup> : 4.0
4	Isover EPS 100	vliv běžných bodových tep. mostů Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.037 W/(m.K) Tep. vodivost bod. mostu: 40.0 W/(m.K) Průřez. plocha bod. mostu: 18.1 mm <sup>2</sup> Počet bod. mostů v 1 m <sup>2</sup> : 4.0
5	Fatrafol 810	---

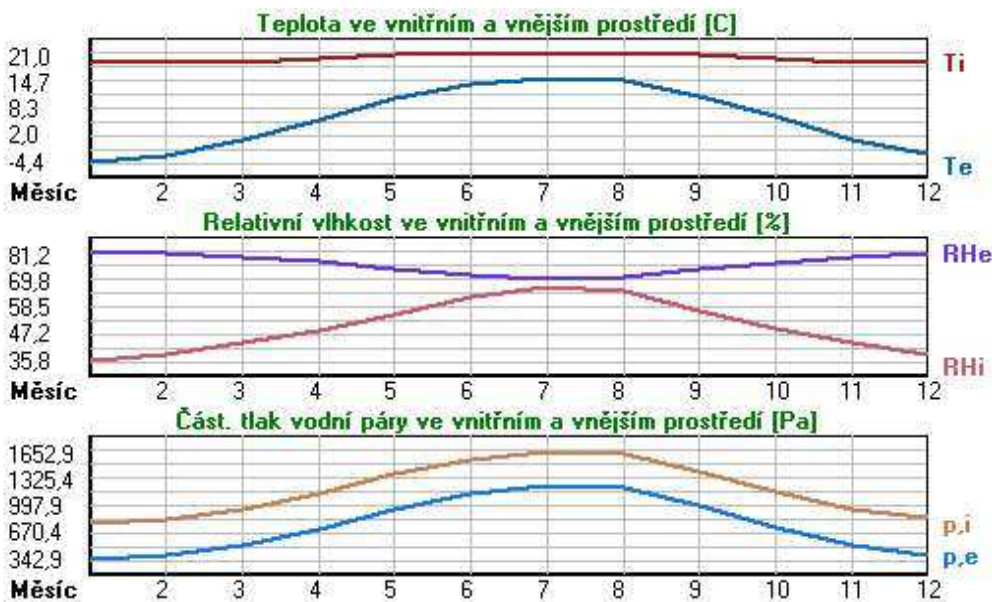
### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru  $R_{si}$  : 0.10 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty  $R_{si}$  : 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru  $R_{se}$  : 0.04 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty  $R_{se}$  : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota  $T_e$  : -13.0 C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu  $T_{ai}$  : 19.0 C  
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu  $R_{He}$  : 84.0 %  
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu  $R_{Hi}$  : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	$T_{ai}$ [C]	$R_{Hi}$ [%]	$P_i$ [Pa]	$T_e$ [C]	$R_{He}$ [%]	$P_e$ [Pa]
1	31 744	19.0	35.8	786.2	-4.4	81.2	342.9
2	28 672	19.0	38.1	836.7	-2.9	80.8	387.4
3	31 744	19.0	43.6	957.5	1.0	79.5	521.8
4	30 720	20.0	48.6	1135.8	5.7	77.5	709.4
5	31 744	21.0	55.5	1379.5	10.7	74.5	958.1
6	30 720	21.0	62.7	1558.5	13.9	72.0	1142.9
7	31 744	21.0	66.5	1652.9	15.5	70.4	1239.1
8	31 744	21.0	65.3	1623.1	15.0	70.9	1208.4
9	30 720	21.0	56.8	1411.8	11.3	74.1	991.8
10	31 744	20.0	49.6	1159.1	6.3	77.1	735.7
11	30 720	19.0	43.4	953.1	0.9	79.5	518.1
12	31 744	19.0	38.6	847.7	-2.6	80.7	396.8

Poznámka:  $T_{ai}$ ,  $R_{Hi}$  a  $P_i$  jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a  $T_e$ ,  $R_{He}$  a  $P_e$  jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).



Průměrná měsíční venkovní teplota  $T_e$  byla v souladu s EN ISO 13788 snížena o 2 C (orientační zohlednění výměny tepla sáláním mezi střešou a oblohou).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

### VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

#### Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce  $R$  : 6.401 m<sup>2</sup>K/W  
Součinitel prostupu tepla konstrukce  $U$  : **0.153 W/m<sup>2</sup>K**

Součinitel prostupu zabudované kce  $U_{kc}$  : 0.17 / 0.20 / 0.25 / 0.35 W/m<sup>2</sup>K  
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

#### Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difuzní odpor konstrukce ZpT :	1.2E+0012 m/s
Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 :	378.9
Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 :	9.4 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p :	17.80 C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p :	<b>0.963</b>

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně Rsi=0,25 m2K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		Tsi[C]	f,Rsi	RHsi[%]
	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi,m[C]	f,Rsi,m			
1	6.7	0.476	3.5	0.339	18.1	0.963	37.8
2	7.6	0.481	4.4	0.334	18.2	0.963	40.1
3	9.6	0.479	6.4	0.297	18.3	0.963	45.5
4	12.2	0.454	8.8	0.220	19.5	0.963	50.2
5	15.2	0.435	11.8	0.103	20.6	0.963	56.8
6	17.1	0.450	13.6	-----	20.7	0.963	63.7
7	18.0	0.459	14.5	-----	20.8	0.963	67.3
8	17.7	0.456	14.2	-----	20.8	0.963	66.2
9	15.5	0.437	12.1	0.083	20.6	0.963	58.1
10	12.5	0.453	9.1	0.208	19.5	0.963	51.2
11	9.6	0.478	6.3	0.297	18.3	0.963	45.3
12	7.8	0.483	4.6	0.333	18.2	0.963	40.6

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	e
theta [C]:	18.5	17.9	17.8	-5.4	-12.8	-12.8
p [Pa]:	1208	1182	336	309	296	166
p,sat [Pa]:	2130	2049	2043	386	202	202

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice zóna levá [m]	Kondenzační zóny pravá	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.4620	0.4620	7.442E-0010

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok Mc,a: **0.0016 kg/(m2.rok)**

Množství vypařitelné vodní páry za rok Mev,a: **0.0676 kg/(m2.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 0.0 C.

### Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

**V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.**

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Železobeton 2	273	92	---	---	---
2	Bitulep Al 20	273	92	---	---	---
3	Isover EPS 70	---	365	---	---	---
4	Isover EPS 100	---	---	153	122	90
5	Fatrafol 810	---	---	153	122	90

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřijatelné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

**Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.**

**Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software**

# SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 EDU tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce	Typ	R [m2K/W]	U [W/m2K]	Ma,max[kg/m2]	Odpaření	DeltaT10 [C]
MW+EPS...	střecha	6.337	0.154	0.0252	ano	---

## Vysvětlivky:

R	tepelný odpor konstrukce
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max	maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10	pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

## KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **MW+EPS**  
Zpracovatel : Ondřej Lamka  
Zakázka :  
Datum : 12. 2. 201

## ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová  
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Trapézové plec	0,0008	50,0000	870,0	7850,0	870,0 <sup>^</sup>	0.0000
2	PE folie	0,0002	0,3500	1470,0	800,0	175000,0	0.0000
3	Isover P	0,0600	0,0400*	800,0	143,6	1,0 <sup>^</sup>	0.0000
4	Isover EPS 70	0,1400	0,0420*	1270,0	16,6	30,0 <sup>^</sup>	0.0000
5	Isover EPS 100	0,0600	0,0400*	1270,0	21,6	50,0 <sup>^</sup>	0.0000
6	Fatrafol 810	0,0012	0,3500	1470,0	1313,0	24000,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

\* ekvival. tep. vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem

<sup>^</sup> ekvival. faktor dif. odporu s vlivem netěsností, stanoven interním výpočtem

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Trapézové plechy	---
2	PE folie	---
3	Isover P	vliv běžných bodových tep. mostů Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.037 W/(m.K) Tep. vodivost bod. mostu: 40.0 W/(m.K) Průřez. plocha bod. mostu: 18.1 mm2 Počet bod. mostů v 1 m2: 4.0
4	Isover EPS 70	vliv běžných bodových tep. mostů Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.039 W/(m.K) Tep. vodivost bod. mostu: 40.0 W/(m.K) Průřez. plocha bod. mostu: 18.1 mm2 Počet bod. mostů v 1 m2: 4.0
5	Isover EPS 100	vliv běžných bodových tep. mostů

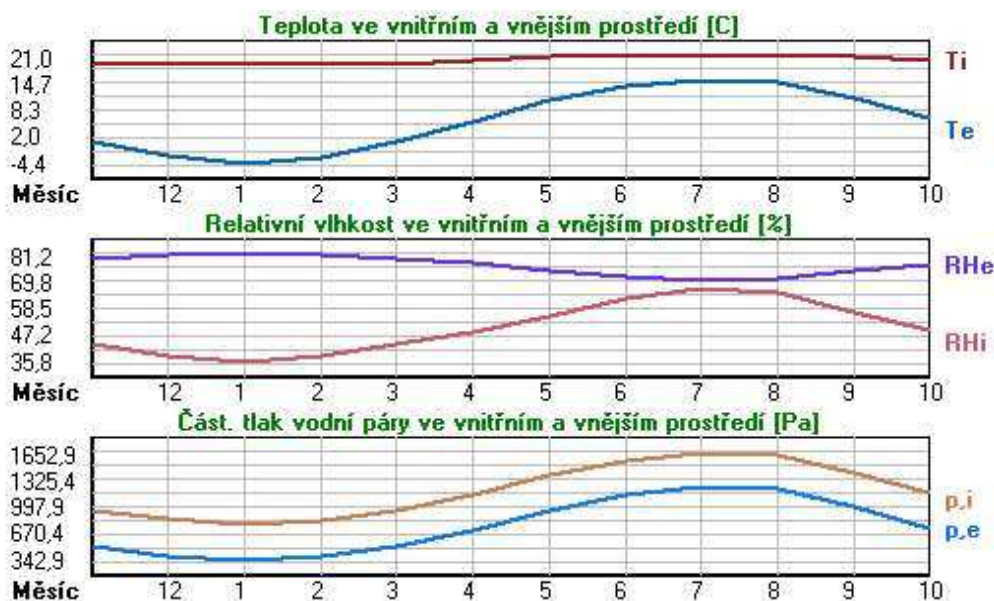
### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R<sub>si</sub> : 0.10 m<sup>2</sup>K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R<sub>si</sub> : 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R<sub>se</sub> : 0.04 m<sup>2</sup>K/W  
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R<sub>se</sub> : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota T<sub>e</sub> : -13.0 C  
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu T<sub>ai</sub> : 19.0 C  
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu R<sub>He</sub> : 84.0 %  
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu R<sub>Hi</sub> : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	T <sub>ai</sub> [C]	R <sub>Hi</sub> [%]	P <sub>i</sub> [Pa]	T <sub>e</sub> [C]	R <sub>He</sub> [%]	P <sub>e</sub> [Pa]	
1	31	744	19.0	35.8	786.2	-4.4	81.2	342.9
2	28	672	19.0	38.1	836.7	-2.9	80.8	387.4
3	31	744	19.0	43.6	957.5	1.0	79.5	521.8
4	30	720	20.0	48.6	1135.8	5.7	77.5	709.4
5	31	744	21.0	55.5	1379.5	10.7	74.5	958.1
6	30	720	21.0	62.7	1558.5	13.9	72.0	1142.9
7	31	744	21.0	66.5	1652.9	15.5	70.4	1239.1
8	31	744	21.0	65.3	1623.1	15.0	70.9	1208.4
9	30	720	21.0	56.8	1411.8	11.3	74.1	991.8
10	31	744	20.0	49.6	1159.1	6.3	77.1	735.7
11	30	720	19.0	43.4	953.1	0.9	79.5	518.1
12	31	744	19.0	38.6	847.7	-2.6	80.7	396.8

Poznámka: T<sub>ai</sub>, R<sub>Hi</sub> a P<sub>i</sub> jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a T<sub>e</sub>, R<sub>He</sub> a P<sub>e</sub> jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).



Průměrná měsíční venkovní teplota T<sub>e</sub> byla v souladu s EN ISO 13788 snížena o 2 C (orientační zohlednění výměny tepla sáláním mezi střechou a oblohou).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

### Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 6.337 m<sup>2</sup>K/W  
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.154 W/m<sup>2</sup>K  
 Součinitel prostupu zabudované kce U<sub>k,c</sub> : 0.17 / 0.20 / 0.25 / 0.35 W/m<sup>2</sup>K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

### Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce ZpT :	3.8E+0011 m/s
Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 :	71.4
Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 :	3.0 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p :	17.79 C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p :	<b>0.962</b>

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně Rsi=0,25 m2K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		Tsi[C]	f,Rsi	RHsi[%]
	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi,m[C]	f,Rsi,m			
1	6.7	0.476	3.5	0.339	18.1	0.962	37.8
2	7.6	0.481	4.4	0.334	18.2	0.962	40.1
3	9.6	0.479	6.4	0.297	18.3	0.962	45.5
4	12.2	0.454	8.8	0.220	19.5	0.962	50.3
5	15.2	0.435	11.8	0.103	20.6	0.962	56.8
6	17.1	0.450	13.6	-----	20.7	0.962	63.7
7	18.0	0.459	14.5	-----	20.8	0.962	67.4
8	17.7	0.456	14.2	-----	20.8	0.962	66.2
9	15.5	0.437	12.1	0.083	20.6	0.962	58.1
10	12.5	0.453	9.1	0.208	19.5	0.962	51.2
11	9.6	0.478	6.3	0.297	18.3	0.962	45.3
12	7.8	0.483	4.6	0.333	18.2	0.962	40.6

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	e
theta [C]:	18.5	18.5	18.5	11.1	-5.4	-12.8	-12.8
p [Pa]:	1208	1198	690	689	628	585	166
p,sat [Pa]:	2129	2129	2129	1320	388	202	202

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá	[m]	pravá	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.2609		0.2609	4.442E-0009

### Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok Mc,a: **0.0252 kg/(m2.rok)**

Množství vypařitelné vodní páry za rok Mev,a: **0.0901 kg/(m2.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 10.0 C.

### Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

#### Roční cyklus č. 1

V konstrukci dochází během modelového roku ke kondenzaci.

#### Kondenzační zóna č. 1

Měsíc	Hranice kond.zóny v m od interiéru		Dif.tok do/ze zóny v kg/m2 za měsíc		Kondenz./vypař. v kg/m2 za měsíc	Akumul. vlhkost v kg/m2 za měsíc
	levá	pravá	g,in	g,out	Mc/Mev	Ma
11	0.2609	0.2609	0.0036	0.0025	0.0011	0.0011
12	0.2609	0.2609	0.0044	0.0019	0.0025	0.0036
1	0.2609	0.2609	0.0043	0.0015	0.0028	0.0064
2	0.2609	0.2609	0.0040	0.0016	0.0023	0.0088
3	0.2609	0.2609	0.0037	0.0026	0.0011	0.0098
4	0.2609	0.2609	0.0026	0.0038	-0.0012	0.0086
5	0.2609	0.2609	0.0011	0.0062	-0.0051	0.0035
6	---	---	-0.0004	0.0081	-0.0085	0.0000



7	---	---	---	---	---	---
8	---	---	---	---	---	---
9	---	---	---	---	---	---
10	---	---	---	---	---	---

Max. množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$ :	<b>0.0098 kg/m<sup>2</sup></b>
Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$ je min.:	<b>0.0098 kg/m<sup>2</sup></b>
z toho se odpaří do exteriéru:	0.0096 kg/m <sup>2</sup>
..... a do interiéru:	0.0003 kg/m <sup>2</sup>

**Na konci modelového roku je zóna suchá (tj.  $M_{c,a} < M_{ev,a}$ ).**

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

**Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):**

Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Trapézové plec	273	92	---	---	---
2	PE folie	273	92	---	---	---
3	Isover P	242	123	---	---	---
4	Isover EPS 70	---	31	273	61	---
5	Isover EPS 100	---	---	31	91	243
6	Fatrafol 810	---	---	31	91	243

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřipustné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

**Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.**

# SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 EDU tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce	Typ	R [m2K/W]	U [W/m2K]	Ma,max[kg/m2]	Odpaření	DeltaT10 [C]
MW...	střecha	6.277	0.156	0.0327	ano	---

## Vysvětlivky:

R	tepelný odpor konstrukce
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max	maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10	pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

## KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **MW**  
Zpracovatel : Ondřej Lamka  
Zakázka :  
Datum : 12. 2. 201

## ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová  
Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Trapézové plec	0,0008	50,0000	870,0	7850,0	870,0 <sup>^</sup>	0.0000
2	PE folie	0,0002	0,3500	1470,0	800,0	175000,0	0.0000
3	Isover R	0,2000	0,0410*	800,0	130,6	1,0	0.0000
4	Isover S	0,0600	0,0430*	800,0	175,6	1,0	0.0000
5	Fatrafol 810	0,0012	0,3500	1470,0	1313,0	24000,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

\* ekvival. tep. vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem

<sup>^</sup> ekvival. faktor dif. odporu s vlivem netěsností, stanoven interním výpočtem

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Trapézové plechy	---
2	PE folie	---
3	Isover R	vliv běžných bodových tep. mostů Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.038 W/(m.K) Tep. vodivost bod. mostu: 40.0 W/(m.K) Průřez. plocha bod. mostu: 18.1 mm2 Počet bod. mostů v 1 m2: 4.0
4	Isover S	vliv běžných bodových tep. mostů Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.040 W/(m.K) Tep. vodivost bod. mostu: 40.0 W/(m.K) Průřez. plocha bod. mostu: 18.1 mm2 Počet bod. mostů v 1 m2: 4.0
5	Fatrafol 810	---

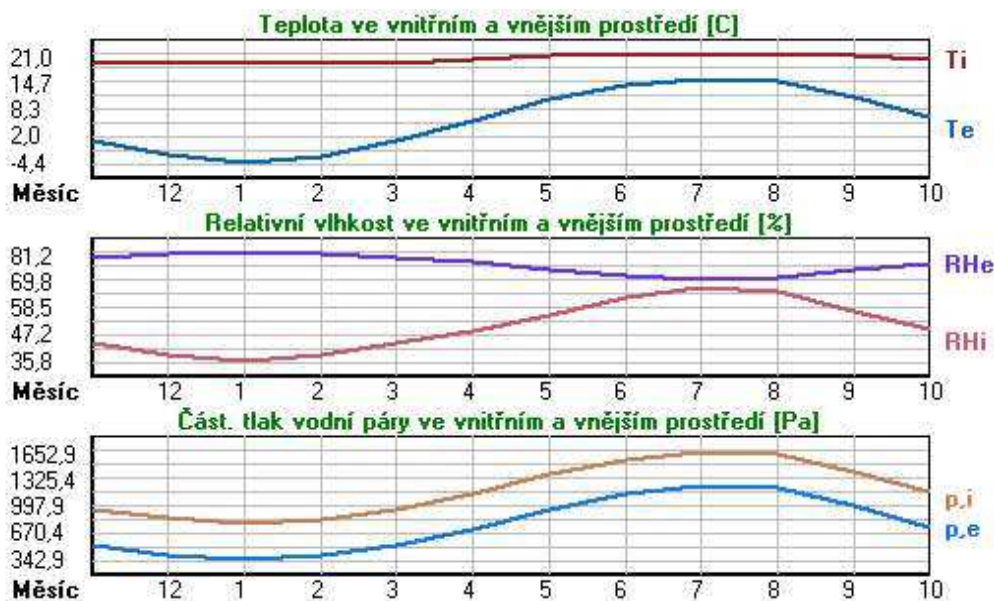
### Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru  $R_{si}$  : 0.10 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty  $R_{si}$  : 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru  $R_{se}$  : 0.04 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty  $R_{se}$  : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota  $T_e$  : -13.0 C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu  $T_{ai}$  : 19.0 C  
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu  $R_{He}$  : 84.0 %  
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu  $R_{Hi}$  : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	$T_{ai}$ [C]	$R_{Hi}$ [%]	$P_i$ [Pa]	$T_e$ [C]	$R_{He}$ [%]	$P_e$ [Pa]
1	31 744	19.0	35.8	786.2	-4.4	81.2	342.9
2	28 672	19.0	38.1	836.7	-2.9	80.8	387.4
3	31 744	19.0	43.6	957.5	1.0	79.5	521.8
4	30 720	20.0	48.6	1135.8	5.7	77.5	709.4
5	31 744	21.0	55.5	1379.5	10.7	74.5	958.1
6	30 720	21.0	62.7	1558.5	13.9	72.0	1142.9
7	31 744	21.0	66.5	1652.9	15.5	70.4	1239.1
8	31 744	21.0	65.3	1623.1	15.0	70.9	1208.4
9	30 720	21.0	56.8	1411.8	11.3	74.1	991.8
10	31 744	20.0	49.6	1159.1	6.3	77.1	735.7
11	30 720	19.0	43.4	953.1	0.9	79.5	518.1
12	31 744	19.0	38.6	847.7	-2.6	80.7	396.8

Poznámka:  $T_{ai}$ ,  $R_{Hi}$  a  $P_i$  jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a  $T_e$ ,  $R_{He}$  a  $P_e$  jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).



Průměrná měsíční venkovní teplota  $T_e$  byla v souladu s EN ISO 13788 snížena o 2 C (orientační zohlednění výměny tepla sáláním mezi střechou a oblohou).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

### Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce  $R$  : 6.277 m<sup>2</sup>K/W  
Součinitel prostupu tepla konstrukce  $U$  : 0.156 W/m<sup>2</sup>K

Součinitel prostupu zabudované kce  $U_{kc}$  : 0.18 / 0.21 / 0.26 / 0.36 W/m<sup>2</sup>K  
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

### Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difuzní odpor konstrukce ZpT : 3.4E+0011 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny\* podle EN ISO 13786 : 116.3

Fázový posun teplotního kmitu Psi\* podle EN ISO 13786 : 7.1 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p : 17.78 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p : 0.962

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně Rsi=0,25 m2K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		Tsi[C]	f,Rsi	RHsi[%]
	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi,m[C]	f,Rsi,m			
1	6.7	0.476	3.5	0.339	18.1	0.962	37.9
2	7.6	0.481	4.4	0.334	18.2	0.962	40.1
3	9.6	0.479	6.4	0.297	18.3	0.962	45.5
4	12.2	0.454	8.8	0.220	19.5	0.962	50.3
5	15.2	0.435	11.8	0.103	20.6	0.962	56.9
6	17.1	0.450	13.6	-----	20.7	0.962	63.8
7	18.0	0.459	14.5	-----	20.8	0.962	67.4
8	17.7	0.456	14.2	-----	20.8	0.962	66.2
9	15.5	0.437	12.1	0.083	20.6	0.962	58.1
10	12.5	0.453	9.1	0.208	19.5	0.962	51.2
11	9.6	0.478	6.3	0.297	18.3	0.962	45.3
12	7.8	0.483	4.6	0.333	18.2	0.962	40.6

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

### Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	e
theta [C]:	18.5	18.5	18.5	-5.8	-12.8	-12.8
p [Pa]:	1208	1197	634	631	630	166
p,sat [Pa]:	2129	2129	2128	374	202	202

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.2609	0.2609	5.355E-0009

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok Mc,a: 0.0327 kg/(m2.rok)

Množství vypařitelné vodní páry za rok Mev,a: 0.0974 kg/(m2.rok)

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 10.0 C.

### Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci dochází během modelového roku ke kondenzaci.

Kondenzační zóna č. 1

Měsíc	Hranice kond.zóny v m od interiéru		Dif.tok do/ze zóny v kg/m2 za měsíc		Kondenz./vypař. v kg/m2 za měsíc Mc/Mev	Akumul. vlhkost v kg/m2 za měsíc Ma
	levá	pravá	g,in	g,out		
11	0.2609	0.2609	0.0043	0.0025	0.0018	0.0018
12	0.2609	0.2609	0.0052	0.0019	0.0033	0.0051
1	0.2609	0.2609	0.0052	0.0015	0.0036	0.0089
2	0.2609	0.2609	0.0047	0.0016	0.0031	0.0119
3	0.2609	0.2609	0.0044	0.0026	0.0018	0.0137
4	0.2609	0.2609	0.0031	0.0038	-0.0007	0.0130
5	0.2609	0.2609	0.0013	0.0062	-0.0049	0.0081
6	---	---	-0.0005	0.0081	-0.0086	0.0000
7	---	---	---	---	---	---
8	---	---	---	---	---	---
9	---	---	---	---	---	---
10	---	---	---	---	---	---

Max. množství zkondenzované vodní páry za rok  $M_{c,a}$ : **0.0137 kg/m<sup>2</sup>**  
Množství vypařitelné vodní páry za rok  $M_{ev,a}$  je min.: **0.0137 kg/m<sup>2</sup>**  
z toho se odpaří do exteriéru: 0.0133 kg/m<sup>2</sup>  
..... a do interiéru: 0.0005 kg/m<sup>2</sup>

**Na konci modelového roku je zóna suchá (tj.  $M_{c,a} < M_{ev,a}$ ).**

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

**Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):**

Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Trapézové plec	273	92	---	---	---
2	PE folie	273	92	---	---	---
3	Isover R	---	90	214	61	---
4	Isover S	---	---	---	122	243
5	Fatrafol 810	---	---	---	122	243

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřipustné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

**Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.**