



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

FAKULTA STAVEBNÍ

INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

HOTEL

D.1.3.1 – THERMAL BUILDING ASSESSMENT OF STRUCTURES

DIPLOMA THESIS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

AUTHOR

AUTOR PRÁCE

Bc. Richard Sasko

SUPERVISOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. KAREL STRUHALA

BRNO 2019

CONTENT

1. Identification	3
2. Calculations	4
2.1 External wall	
2.2 Roof	
2.3 Floor in contact with the ground	
2.4 Evaluation by criteria of ČSN 730540-2	
3. Summary and Conclusion	22

1. Identification

The document evaluates main construction compositions from the point of building physics. Calculations include:

- The lowest internal surface temperature of the structure
- Heat transfer coefficient
- Diffusion of moisture in structures

2. Calculation

The calculation is determined by Teplo 2017 and includes calculation of External wall, Roof and Floor in contact with the ground.

2.1 External wall

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 : **External wall**
Zpracovatel : TT 2017
Zakázka :
Datum : 30. 12. 20

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější 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/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Sádrokarton	0,0125	0,2200	1060,0	750,0	9,0	0.0000
2	Heluz 50 2in1	0,5000	0,0580	1000,0	680,0	10,0	0.0000
3	Cemix 032 - Já	0,0020	0,4460	850,0	1300,0	20,0	0.0000
4	Cemix 023 - Vn	0,0080	0,6340	790,0	1550,0	20,0	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.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Sádrokarton	---
2	Heluz 50 2in1	---
3	Cemix 032 - Jádřová omítka lehčená	---
4	Cemix 023 - Vnější štuk	---

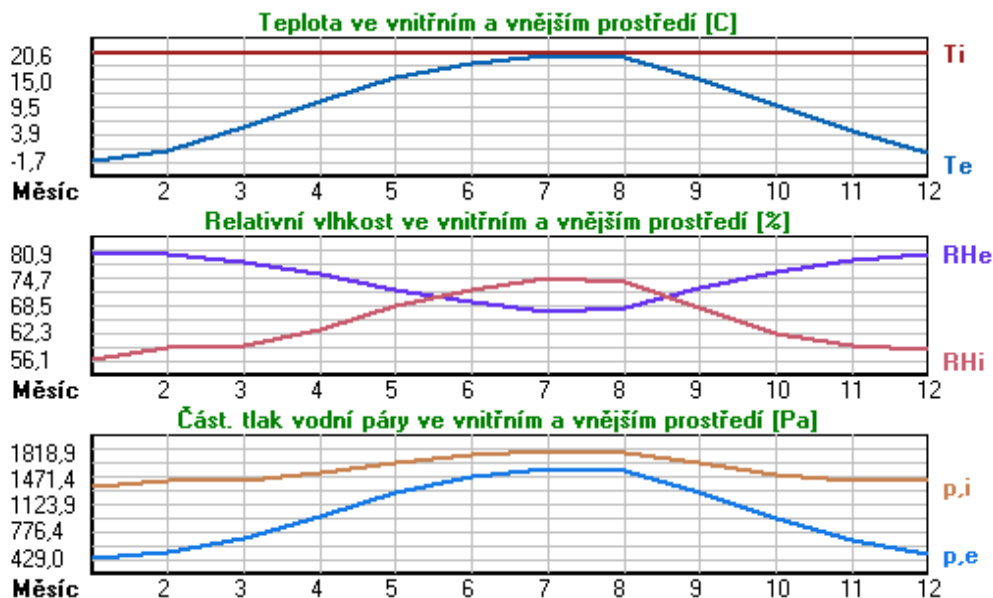
Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota T_e : -11.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20.6 C
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 83.0 %
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	T_{ai} [C]	RHi [%]	P_i [Pa]	T_e [C]	RHe [%]	P_e [Pa]
1	31 744	20.6	56.1	1360.5	-1.7	80.9	429.0
2	28 672	20.6	58.7	1423.6	0.6	80.4	512.7
3	31 744	20.6	59.5	1443.0	5.3	78.6	699.8
4	30 720	20.6	62.9	1525.4	10.7	75.8	974.8
5	31 744	20.6	68.3	1656.4	15.6	72.2	1278.9
6	30 720	20.6	72.3	1753.4	18.6	69.2	1482.2
7	31 744	20.6	75.0	1818.9	20.3	67.1	1597.5
8	31 744	20.6	73.8	1789.8	19.7	67.9	1557.6
9	30 720	20.6	68.1	1651.5	15.4	72.4	1266.1
10	31 744	20.6	62.3	1510.9	10.0	76.2	935.2
11	30 720	20.6	59.2	1435.7	4.5	78.9	664.3
12	31 744	20.6	58.5	1418.7	-0.1	80.5	487.4

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



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 : 8.695 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.113 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.13 / 0.16 / 0.21 / 0.31 W/m²K

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 akumulační vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce $Z_p T$:	2.8E+0010 m/s
Teplotní útlum konstrukce N_y^* podle EN ISO 13786 :	94228.6
Fázový posun teplotního kmitu Ψ^* podle EN ISO 13786 :	13.9 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$:	19.72 C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f, R_{si,p}$:	0.972

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně $R_{si}=0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		$T_{si}[C]$	f, R_{si}	$RH_{si}[\%]$
	$T_{si,m}[C]$	$f, R_{si,m}$	$T_{si,m}[C]$	$f, R_{si,m}$			
1	15.0	0.747	11.5	0.594	20.0	0.972	58.3
2	15.7	0.754	12.2	0.582	20.0	0.972	60.8
3	15.9	0.692	12.4	0.467	20.2	0.972	61.1
4	16.8	0.612	13.3	0.261	20.3	0.972	64.0
5	18.1	0.492	14.6	-----	20.5	0.972	68.9
6	19.0	0.184	15.4	-----	20.5	0.972	72.5
7	19.6	-----	16.0	-----	20.6	0.972	75.0
8	19.3	-----	15.8	-----	20.6	0.972	73.9
9	18.0	0.502	14.5	-----	20.5	0.972	68.7
10	16.6	0.623	13.1	0.296	20.3	0.972	63.4
11	15.8	0.702	12.4	0.488	20.2	0.972	60.9
12	15.6	0.759	12.2	0.593	20.0	0.972	60.6

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f, R_{si} je teplotní faktor.

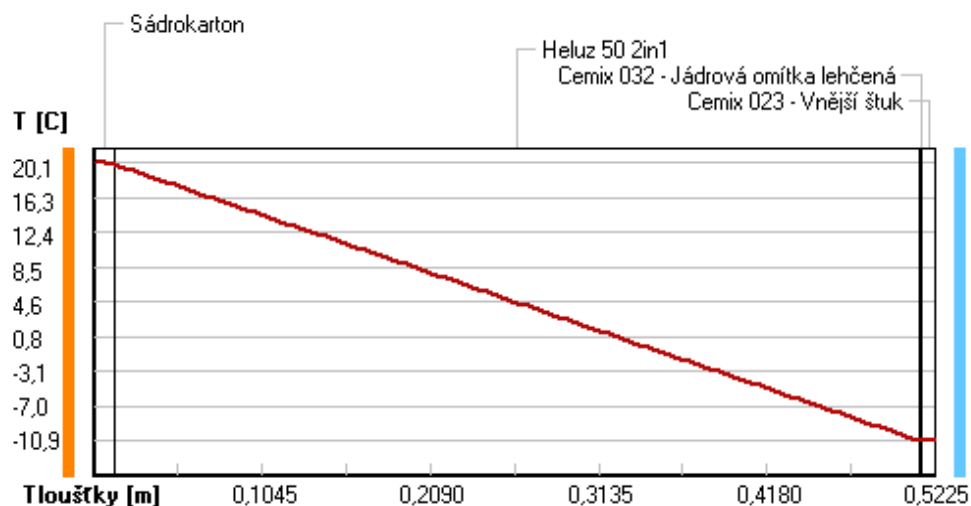
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

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

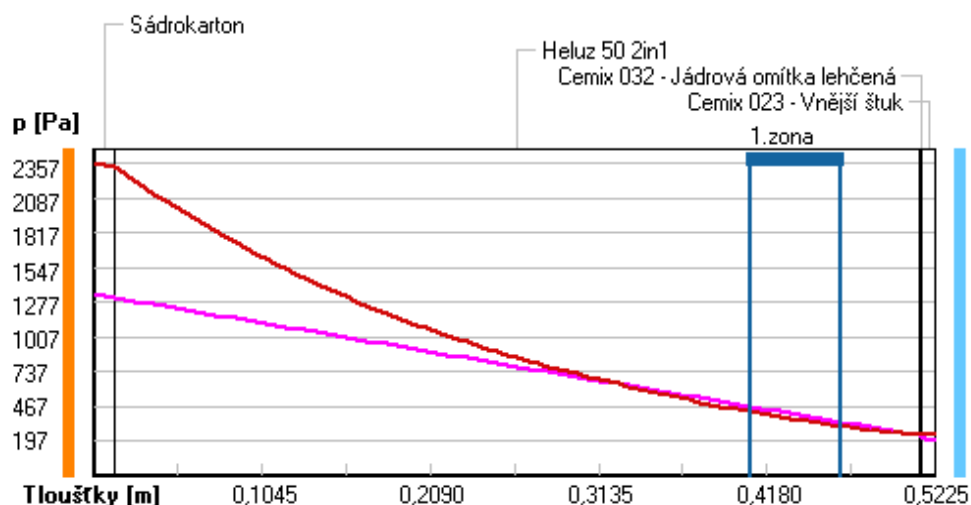
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	e
θ [C]:	20.1	19.9	-10.8	-10.8	-10.9
p [Pa]:	1334	1310	240	231	197
p_{sat} [Pa]:	2357	2327	242	241	240

Poznámka: θ 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.

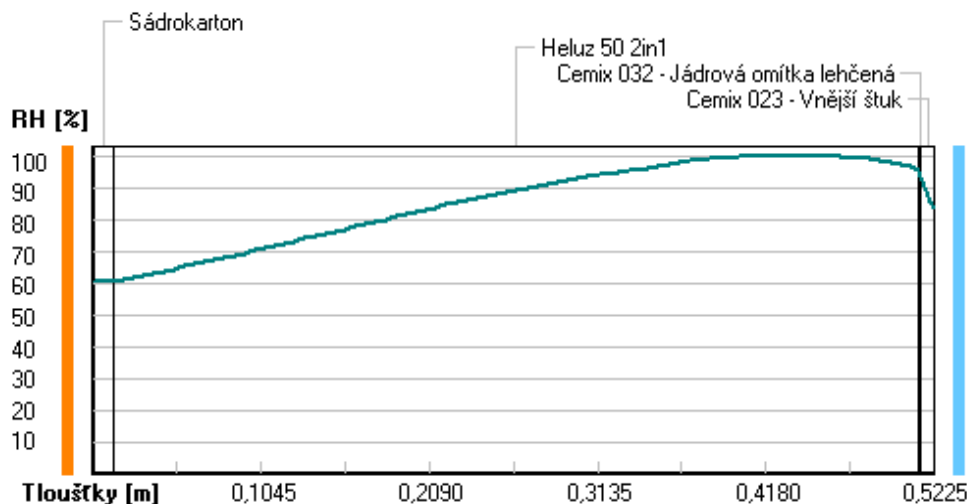
Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



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

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.4075	0.4639	1.044E-0008

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: **0.0125 kg/(m2.rok)**

Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: **2.7146 kg/(m2.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než $-5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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	Sádrokarton	90	183	92	---	---
2	Heluz 50 2in1	---	---	214	151	---
3	Cemix 032 - Já	---	92	122	151	---
4	Cemix 023 - Vn	---	92	122	151	---

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.

2.2 Roof

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 : **Roof**
Zpracovatel : TT 2017
Zakázka :
Datum : 30. 11. 20

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	Concrete slab	0,1900	1,5800	1020,0	2400,0	29,0	0.0000
2	Grouting concr	0,0600	1,4000	1020,0	2300,0	23,0	0.0000
3	Fatrafol 804	0,0040	0,3500	1470,0	1310,0	19300,0	0.0000
4	Rigips EPS 200	0,2400	0,0340	1270,0	30,0	70,0	0.0000
5	Fatrafol 804	0,0080	0,3500	1470,0	1310,0	19300,0	0.0000
6	Drainage layer	0,0200	0,1400	1100,0	1200,0	50000,0	0.0000
7	Vegetation	0,0700	0,7000	750,0	1600,0	1,5	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.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Concrete slab	---
2	Grouting concrete	---
3	Fatrafol 804	---
4	Rigips EPS 200 S Stabil (2)	---
5	Fatrafol 804	---
6	Drainage layer	---
7	Vegetation	---

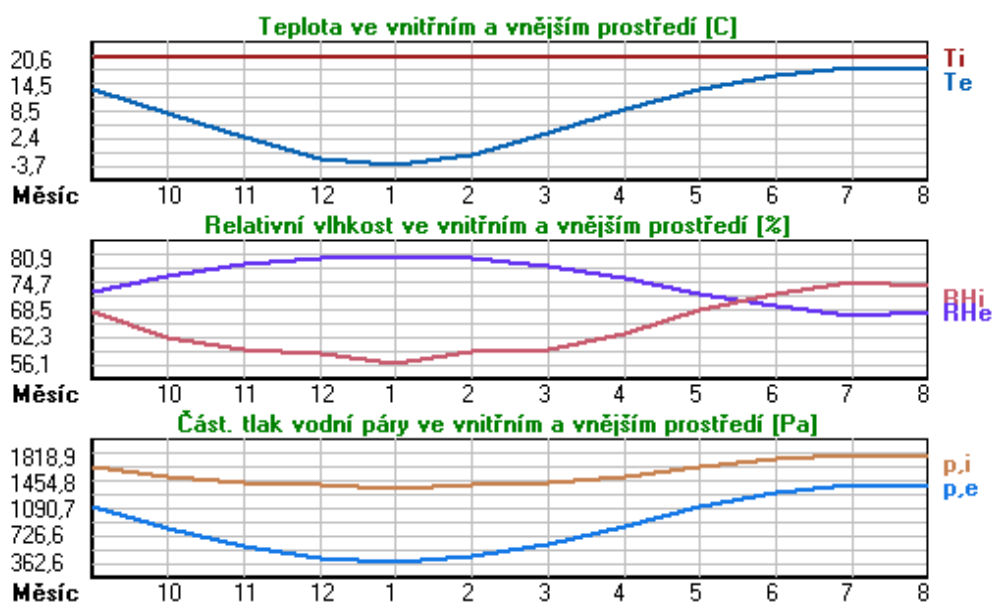
Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m2K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m2K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -11.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.6 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 83.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHl : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]		Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31	744	20.6	56.1	1360.5	-3.7	80.9	362.6
2	28	672	20.6	58.7	1423.6	-1.4	80.4	437.1
3	31	744	20.6	59.5	1443.0	3.3	78.6	608.1
4	30	720	20.6	62.9	1525.4	8.7	75.8	852.3
5	31	744	20.6	68.3	1656.4	13.6	72.2	1124.0
6	30	720	20.6	72.3	1753.4	16.6	69.2	1306.6
7	31	744	20.6	75.0	1818.9	18.3	67.1	1410.5
8	31	744	20.6	73.8	1789.8	17.7	67.9	1374.5
9	30	720	20.6	68.1	1651.5	13.4	72.4	1112.5
10	31	744	20.6	62.3	1510.9	8.0	76.2	817.0
11	30	720	20.6	59.2	1435.7	2.5	78.9	576.7
12	31	744	20.6	58.5	1418.7	-2.1	80.5	412.8

Poznámka: Tai, RHi a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).



Průměrná měsíční venkovní teplota Te 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 : 7.499 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.131 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{k,c} : 0.15 / 0.18 / 0.23 / 0.33 W/m²K

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 Z_{pT} :

6.7E+0012 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 1011.0
Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 16.3 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p : 19.59 C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p : 0.968

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	15.0	0.768	11.5	0.627	19.8	0.968	58.9
2	15.7	0.776	12.2	0.620	19.9	0.968	61.3
3	15.9	0.727	12.4	0.528	20.0	0.968	61.6
4	16.8	0.677	13.3	0.386	20.2	0.968	64.4
5	18.1	0.637	14.6	0.137	20.4	0.968	69.3
6	19.0	0.592	15.4	-----	20.5	0.968	72.9
7	19.6	0.546	16.0	-----	20.5	0.968	75.3
8	19.3	0.551	15.8	-----	20.5	0.968	74.2
9	18.0	0.641	14.5	0.154	20.4	0.968	69.1
10	16.6	0.683	13.1	0.408	20.2	0.968	63.9
11	15.8	0.735	12.4	0.545	20.0	0.968	61.4
12	15.6	0.781	12.2	0.629	19.9	0.968	61.2

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

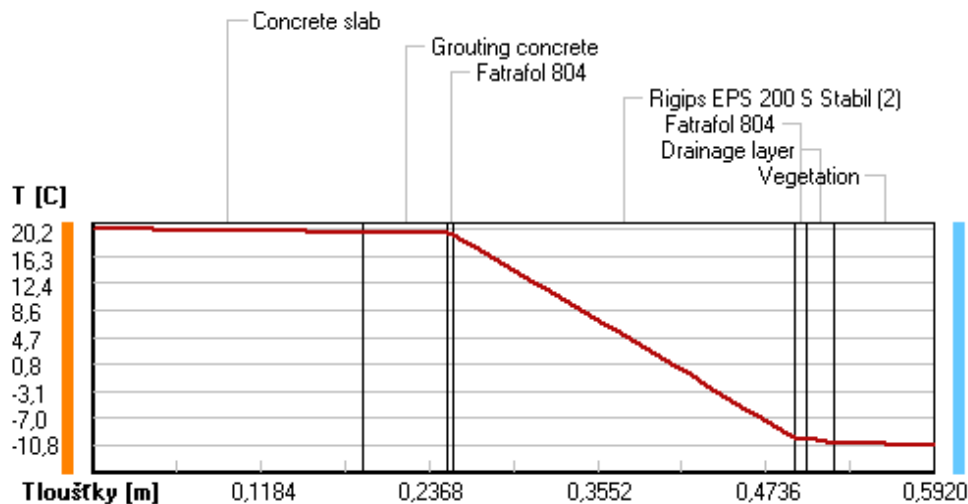
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

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

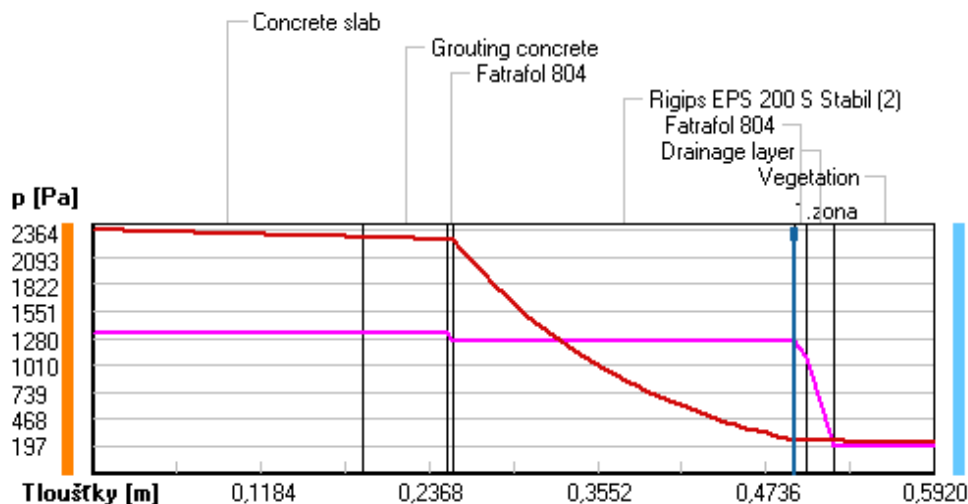
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	e
theta [C]:	20.2	19.7	19.5	19.5	-9.7	-9.8	-10.4	-10.8
p [Pa]:	1334	1329	1328	1258	1242	1103	197	197
p,sat [Pa]:	2364	2292	2267	2261	266	263	250	241

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.

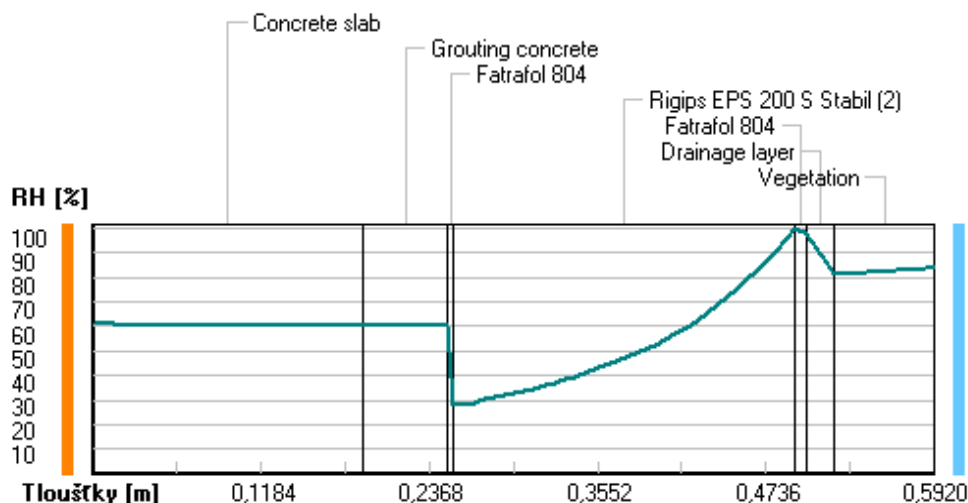
Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



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

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.4940	0.4940	2.106E-0009

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: **0.0192 kg/(m2.rok)**

Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: **0.0145 kg/(m2.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 15.0 C.

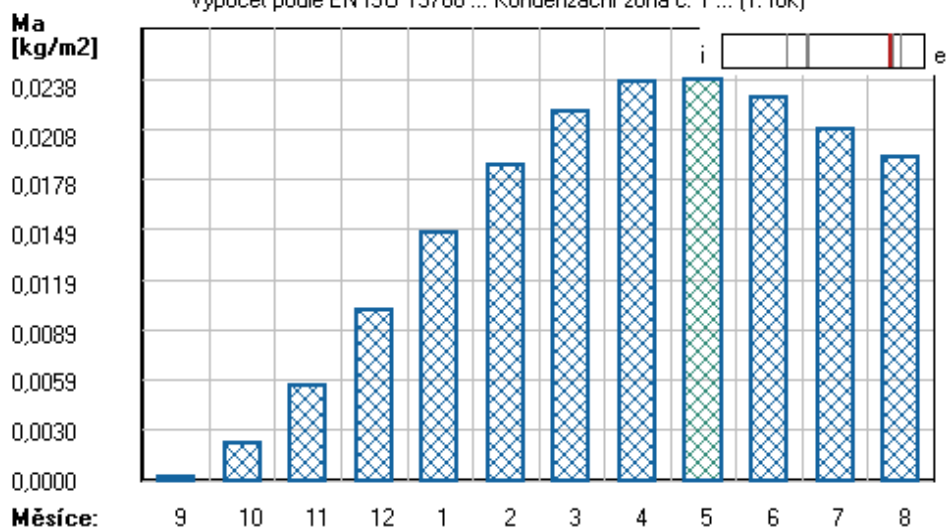
Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci dochází během modelového roku ke kondenzaci.

Kondenzační zóna č. 1

Akumulované množství zkondenzované vlhkosti
Výpočet podle EN ISO 13788 ... Kondenzační zóna č. 1 ... (1. rok)



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
9	0.4940	0.4940	0.0004	0.0002	0.0002	0.0002
10	0.4940	0.4940	0.0021	0.0001	0.0020	0.0022
11	0.4940	0.4940	0.0034	0.0001	0.0033	0.0056
12	0.4940	0.4940	0.0046	0.0001	0.0045	0.0101
1	0.4940	0.4940	0.0045	0.0001	0.0044	0.0147
2	0.4940	0.4940	0.0040	0.0001	0.0040	0.0186
3	0.4940	0.4940	0.0033	0.0001	0.0033	0.0219
4	0.4940	0.4940	0.0019	0.0001	0.0017	0.0236
5	0.4940	0.4940	0.0004	0.0002	0.0002	0.0238
6	0.4940	0.4940	-0.0008	0.0003	-0.0011	0.0227
7	0.4940	0.4940	-0.0016	0.0003	-0.0019	0.0208
8	0.4940	0.4940	-0.0013	0.0003	-0.0016	0.0192

Max. množství zkondenzované vodní páry za rok Mc,a : **0.0238 kg/m²**
Množství vypařitelné vodní páry za rok Mev,a : **0.0046 kg/m²**
z toho se odpaří do exteriéru: 0.0009 kg/m²
..... a do interiéru: 0.0037 kg/m²

Na konci modelového roku je zóna stále vlhká (tj. $Mc,a > Mev,a$).

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	Concrete slab	90	183	92	---	---
2	Grouting concr	151	122	92	---	---
3	Fatrafol 804	151	122	30	62	---
4	Rigips EPS 200	---	---	---	---	365
5	Fatrafol 804	---	---	---	---	365
6	Drainage layer	---	---	---	---	365
7	Vegetation	---	92	242	31	---

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.

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

2.3 Floor in contact with the ground

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 : **Floor**
Zpracovatel : TT 2017
Zakázka :
Datum : 30. 11. 20

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Podlaha na zemině
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	Keramický obkl	0,0100	1,0100	840,0	2000,0	200,0	0.0000
2	Waterproofing	0,0050	0,0400	1470,0	1310,0	19300,0	0.0000
3	Grouting concr	0,0700	1,4000	1020,0	2300,0	23,0	0.0000
4	Rigips EPS 200	0,1200	0,0340	1270,0	30,0	70,0	0.0000
5	Fatrafol 804	0,0080	0,3500	1470,0	1310,0	19300,0	0.0000
6	Concrete slab	0,1000	1,5800	1020,0	2400,0	29,0	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.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Keramický obklad	---
2	Waterproofing	---
3	Grouting concrete	---
4	Rigips EPS 200 S Stabil (2)	---
5	Fatrafol 804	---
6	Concrete slab	---

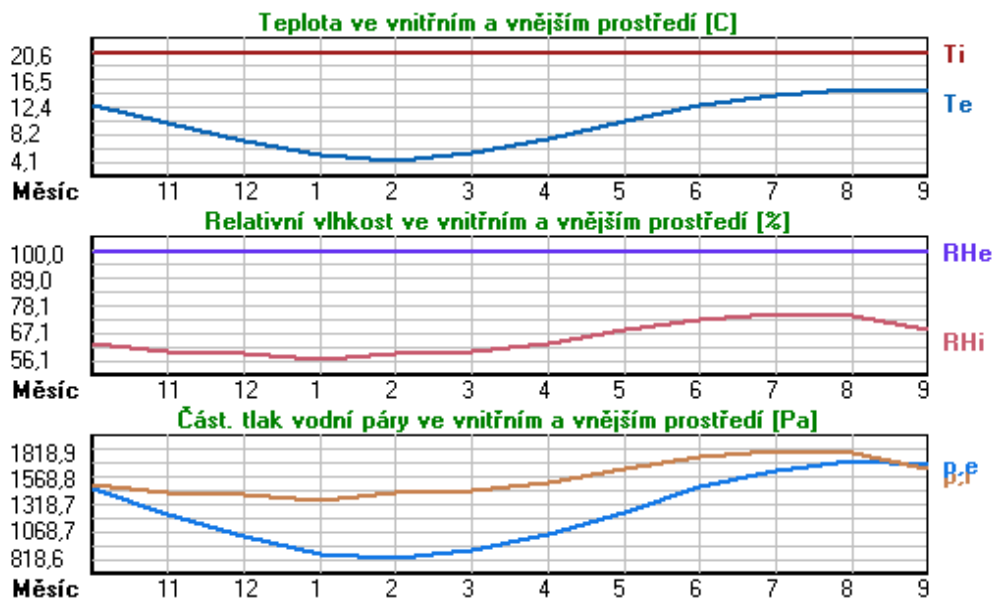
Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.17 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m2K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.00 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.00 m2K/W

Návrhová venkovní teplota T_e : 5.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20.6 C
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 100.0 %
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	T_{ai} [C]	RHi [%]	P_i [Pa]	T_e [C]	RHe [%]	P_e [Pa]
1	31 744	20.6	56.1	1360.5	4.9	100.0	865.8
2	28 672	20.6	58.7	1423.6	4.1	100.0	818.6
3	31 744	20.6	59.5	1443.0	5.3	100.0	890.3
4	30 720	20.6	62.9	1525.4	7.6	100.0	1043.3
5	31 744	20.6	68.3	1656.4	10.3	100.0	1252.2
6	30 720	20.6	72.3	1753.4	12.8	100.0	1477.5
7	31 744	20.6	75.0	1818.9	14.3	100.0	1629.1
8	31 744	20.6	73.8	1789.8	15.1	100.0	1715.4
9	30 720	20.6	68.1	1651.5	14.8	100.0	1682.6
10	31 744	20.6	62.3	1510.9	12.7	100.0	1467.8
11	30 720	20.6	59.2	1435.7	10.0	100.0	1227.3
12	31 744	20.6	58.5	1418.7	7.2	100.0	1015.2

Poznámka: T_{ai} , RHi a P_i jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a T_e , RHe 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 vypočtena podle čl. 4.2.3 v EN ISO 13788 (vliv tepelné setrvačnosti zeminy).

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 : 3.800 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.252 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.27 / 0.30 / 0.35 / 0.45 W/m²K

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 akumulační vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 1.4E+0012 m/s

Teplotní útlum konstrukce N_y^* podle EN ISO 13786 : 104.9

Fázový posun teplotního kmitu Ψ_i^* podle EN ISO 13786 : 9.0 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$: 19.64 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: **0.938**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně $R_{si}=0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% ----- $T_{si,m}[C]$	$f_{Rsi,m}$	----- 100% ----- $T_{si,m}[C]$	$f_{Rsi,m}$	$T_{si}[C]$	f_{Rsi}	$RH_{si}[\%]$
1	15.0	0.641	11.5	0.423	19.6	0.938	59.6
2	15.7	0.701	12.2	0.493	19.6	0.938	62.5
3	15.9	0.692	12.4	0.467	19.7	0.938	63.1
4	16.8	0.704	13.3	0.438	19.8	0.938	66.1
5	18.1	0.753	14.6	0.413	20.0	0.938	71.0
6	19.0	0.791	15.4	0.339	20.1	0.938	74.5
7	19.6	0.834	16.0	0.272	20.2	0.938	76.8
8	19.3	0.763	15.8	0.120	20.3	0.938	75.4
9	18.0	0.554	14.5	-----	20.2	0.938	69.6
10	16.6	0.494	13.1	0.056	20.1	0.938	64.2
11	15.8	0.548	12.4	0.223	19.9	0.938	61.6
12	15.6	0.628	12.2	0.372	19.8	0.938	61.6

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

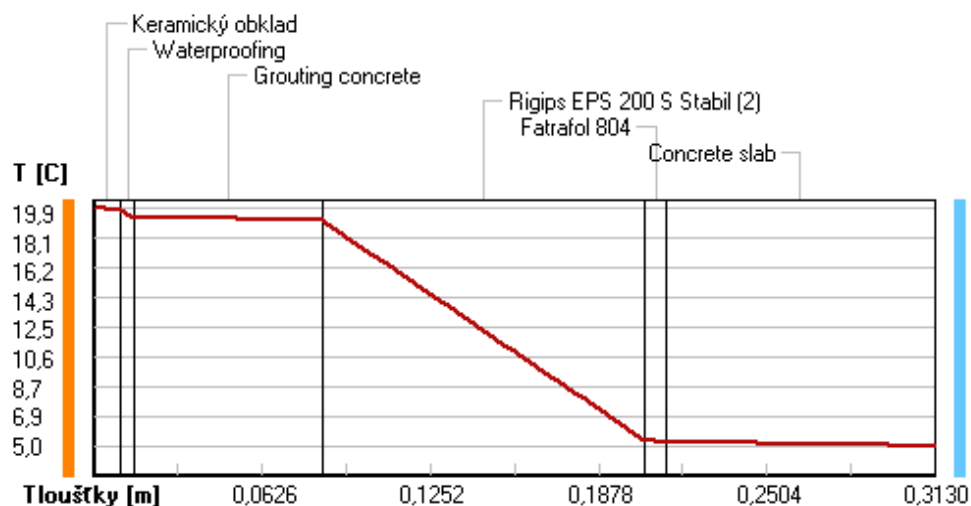
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

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

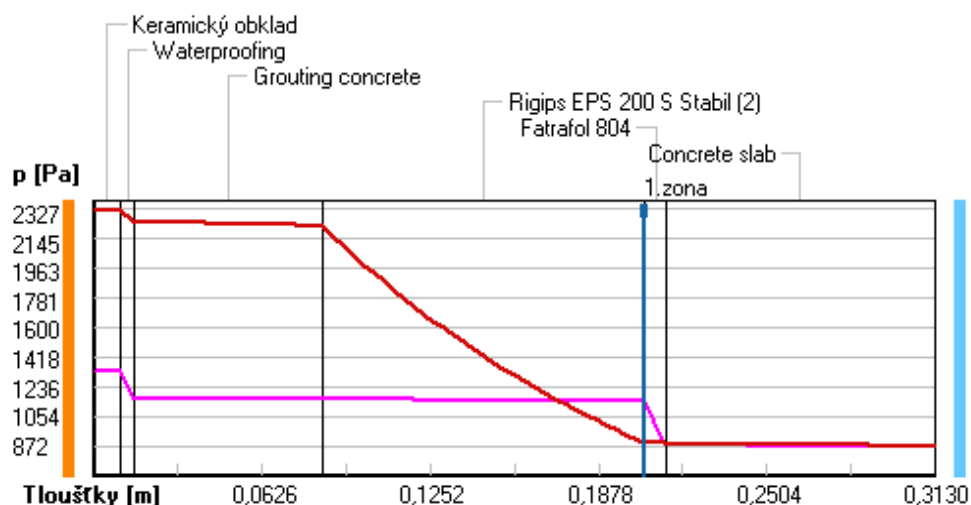
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	e
θ [C]:	19.9	19.9	19.4	19.2	5.3	5.2	5.0
p [Pa]:	1334	1330	1163	1160	1145	877	872
p,sat [Pa]:	2327	2322	2252	2224	893	887	872

Poznámka: θ 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.

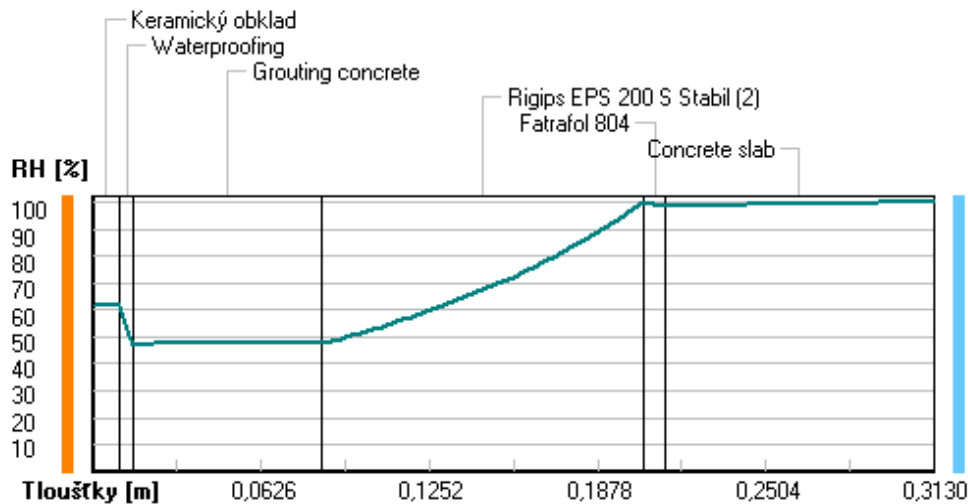
Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



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

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.2050	0.2050	7.867E-0010

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: **0.0043 kg/(m2.rok)**

Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: **0.0214 kg/(m2.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 10.0 C.

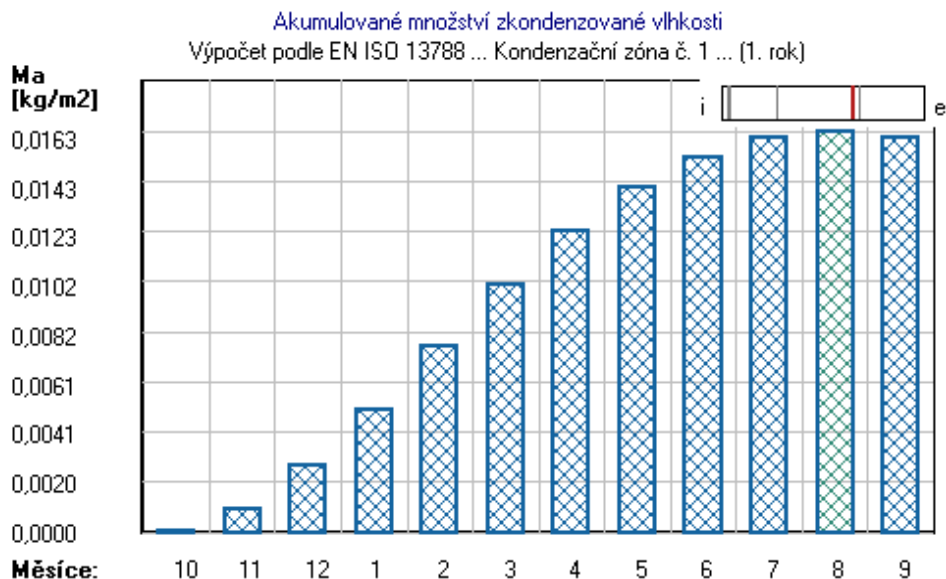
Poznámka: Vypočtená celoroční bilance má pouze informativní charakter, protože výchozí venkovní teplota nebyla zadána v rozmezí od -10 do -21 C. Uvedený výsledek byl vypočten za předpokladu, že se konstrukce nachází v teplotní oblasti -15 C.

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
10	0.2050	0.2050	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
11	0.2050	0.2050	0.0009	0.0001	0.0008	0.0009
12	0.2050	0.2050	0.0019	0.0001	0.0018	0.0027
1	0.2050	0.2050	0.0023	0.0001	0.0022	0.0050
2	0.2050	0.2050	0.0026	0.0001	0.0025	0.0075
3	0.2050	0.2050	0.0026	0.0001	0.0026	0.0101
4	0.2050	0.2050	0.0022	0.0001	0.0021	0.0122
5	0.2050	0.2050	0.0019	0.0001	0.0018	0.0141
6	0.2050	0.2050	0.0012	0.0001	0.0012	0.0153
7	0.2050	0.2050	0.0009	0.0000	0.0008	0.0161
8	0.2050	0.2050	0.0003	0.0000	0.0003	0.0163
9	0.2050	0.2050	-0.0002	0.0000	-0.0003	0.0161

Max. množství zkondenzované vodní páry za rok Mc,a : **0.0163 kg/m²**
Množství vypařitelné vodní páry za rok Mev,a : **0.0003 kg/m²**
z toho se odpaří do exteriéru: 0.0000 kg/m²
..... a do interiéru: 0.0002 kg/m²

Na konci modelového roku je zóna stále vlhká (tj. $Mc,a > Mev,a$).

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	Keramický obkl	31	211	123	---	---
2	Waterproofing	31	212	122	---	---
3	Grouting concr	212	61	92	---	---
4	Rigips EPS 200	---	---	---	---	365
5	Fatrafol 804	---	---	---	---	365
6	Concrete slab	---	---	---	---	365

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

2.4 Evaluation by criteria of ČSN 730540-2

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Name of construction: External wall

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 20,0 C
Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} : 20,0 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -15,0 C
Teplota na vnější straně T_e : -11,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20,6 C
Relativní vlhkost v interiéru R_{Hi} : 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Sadrokarton	0,0125	0,220	9,0
2	Heluz 50 2in1	0,500	0,058	10,0
3	Cemix 032 - Jadrova	0,002	0,446	20,0
4	Cemix 023 - Vnější	0,008	0,634	20,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi}, N = f_{Rsi}, cr =$ 0,715

Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi}, m =$ 0,972

Kritický teplotní faktor f_{Rsi}, cr byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota f_{Rsi}, m (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U, N =$ 0,30 W/m²K

Vypočtená hodnota: $U =$ 0,113 W/m²K

$U < U, N$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokvi v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m².rok, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně činí: 10,200 kg/m².rok (materiál: Heluz 50 2in1).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu: 0,100 kg/m².rok

Vypočtené hodnoty: V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

Roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a} = 0,0125$ kg/m².rok

Roční množství odpařitelné vodní páry $M_{ev,a} = 2,7146$ kg/m².rok

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant.

$M_{c,a} < M_{ev,a}$... 2. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

$M_{c,a} < M_{c,N}$... 3. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE KRITÉRIÍ ČSN 730540-2 (2011)

Name of construction: Floor

Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T_i : 20,0 C
 Převažující návrhová vnitřní teplota T_{iM} : 20,0 C
 Návrhová venkovní teplota T_{ae} : -15,0 C
 Teplota na vnější straně T_e : 5,0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20,6 C
 Relativní vlhkost v interiéru R_{Hi} : 50,0 % (+5,0%)

Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Keramický obklad	0,010	1,010	200,0
2	Waterproofing	0,005	0,040	19300,0
3	Grouting concrete	0,070	1,400	23,0
4	Rigips EPS 200 S Stabil (2)	0,120	0,034	70,0
5	Fatrafol 804	0,008	0,350	19300,0
6	Concrete slab	0,100	1,580	29,0

I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,422$

Vypočtená průměrná hodnota: $f_{Rsi,m} = 0,938$

Kritický teplotní faktor $f_{Rsi,cr}$ byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota $f_{Rsi,m}$ (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek: $U_{i,N} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vypočtená hodnota: $U = 0,252 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U_{i,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než $0,1 \text{ kg/m}^2\text{.rok}$, nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně činí:

zóna č. 1: $0,216 \text{ kg/m}^2\text{.rok}$ (materiál: Rigips EPS 200 S Stabil (2)).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu: $0,100 \text{ kg/m}^2\text{.rok}$

Vypočtené hodnoty:

- V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.
- V konstrukci dochází během modelového roku ke kondenzaci.
- Kond.zóna č. 1: Max. množství akum. vlhkosti $M_{c,a} = 0,0163 \text{ kg/m}^2$
- Na konci modelového roku je zóna stále vlhká.

Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant.

$M_{a,vysl} > 0 \text{ kg/m}^2$... 2. POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.

$M_{c,a} < M_{c,N}$... 3. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

3. Summary and Conclusion

SUMMARY OF PROPERTIES OF EVALUATED STRUCTURE

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

Name	Type	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10 [C]
External wall...	wall	8.695	0.113	0.0125	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.

SUMMARY OF PROPERTIES OF EVALUATED STRUCTURE

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

Name	Type	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10 [C]
Roof...	roof	7.499	0.131	0.0238	ne	---

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.

SUMMARY OF PROPERTIES OF EVALUATED STRUCTURE

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

Name	Type	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10 [C]
Floor...	floor	3.800	0.252	0.0163	ne	---

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.

All three evaluated structures satisfy the requirements given by ČSN.