



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

ZHODNOCENÍ DETAILŮ POMOCÍ 2D TEPLOTNÍHO POLE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

Bc. Tomáš Zelenka

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

doc. Ing. MILAN OSTRÝ, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2019

DVOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLOT A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 10211 a ČSN 730540 - MKP/FEM model

Area 2017 EDU

Název úlohy : **ATIKA**
Varianta
Zpracovatel : ZELENKA T.
Zakázka :
Datum : 14.12.2019

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -15.0 C
Teplota vzduchu v interiéru: 22.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 46
Počet vodorovných os: 48
Počet prvků: 4230
Počet uzlových bodů: 2208

Souřadnice os sítě - osa x [m] :

0.00000	0.00027	0.00417	0.00808	0.01589	0.03150	0.06274	0.12520	0.25014	0.50000
0.60014	0.65020	0.67524	0.68775	0.69401	0.70027	0.70090	0.71000	0.71909	0.73729
0.77368	0.84645	0.91923	0.99200	0.99600	1.00000	1.00027	1.00090	1.00775	1.01459
1.02829	1.05568	1.11045	1.22000	1.29500	1.30000	1.30090	1.31009	1.31928	1.33766
1.37443	1.44795	1.52148	1.59500	1.60000	1.60027				

Souřadnice os sítě - osa y [m] :

0.00000	0.50000	0.74600	0.86900	0.93050	0.96125	0.99200	1.00000	1.03121	1.06241
1.12483	1.18724	1.21844	1.23405	1.24185	1.24575	1.24770	1.24965	1.25000	1.25191
1.25383	1.25765	1.26530	1.28060	1.31121	1.37241	1.49483	1.73965	2.24483	2.75000
2.82483	2.86224	2.88094	2.89030	2.89497	2.89731	2.89965	2.90000	2.90134	2.90268
2.90536	2.91071	2.93018	2.93992	2.94478	2.94722	2.94965	2.95000		

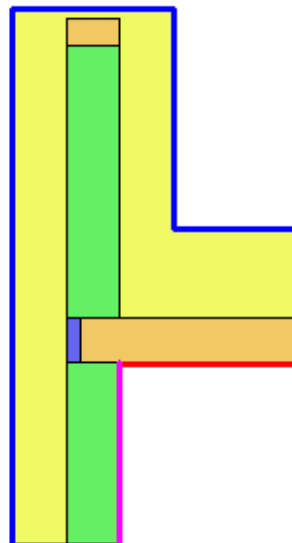
Zadané materiály :

č.	Název	LambdaX	LambdaY	MiX	MiY	X1	X2	Y1	Y2
1	Vápenopískové c	0.715	0.715	15	15	26	36	1	8
2	Železobeton 3	1.740	1.740	32	32	1	34	8	19
3	Vápenopískové c	0.715	0.715	15	15	28	37	19	42
4	Rigips EPS 150	0.035	0.035	30	30	2	27	18	28
5	Terra lepidlo	0.570	0.570	20	20	35	36	1	38
6	Isover TWINNER	0.035	0.035	30	30	36	45	1	38
7	Isover TWINNER	0.035	0.035	30	30	17	28	28	42
8	Železobeton 3	1.740	1.740	32	32	26	36	30	38
9	Terra lepidlo	0.570	0.570	20	20	35	36	19	38
10	Isover TWINNER	0.035	0.035	30	30	16	46	37	47
11	Sádrová štuková	0.700	0.700	10	10	1	26	7	8
12	Sádrová štuková	0.700	0.700	10	10	24	26	1	7
13	Terra lepidlo	0.570	0.570	20	20	44	45	1	48
14	Synthos XPS 50	0.038	0.038	100	100	34	35	8	19

**Geometrie detailu
a zadané podmínky:**

Počet vertik. os: 48
Počet horizont. os: 48
Počet prvků: 4230

Teplota	Odpor Rs
≤ 0	≤ 0,05
≤ 0	> 0,05
> 0	≤ 0,16
> 0	0,17-0,24
> 0	≥ 0,25



Zadané okrajové podmínky a jejich rozmístění :

číslo	1.uzel	2.uzel	Teplota [C]	Rs [m2K/W]	RH [%]	P [kPa]	h,p [s/m]
1	767	2207	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00
2	2065	2112	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00
3	7	1207	22.00	0.25	50.0	1.32	10.00
4	1201	1208	22.00	0.00	50.0	1.32	0.00
5	76	748	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00
6	796	815	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00

Poznámka: Rs je odpor při přestupu tepla na příslušném povrchu, RH je relativní vlhkost v prostředí působícím na příslušný povrch, P je částečný tlak vodní páry v prostředí působícím na daný povrch a h,p je součinitel přestupu vodní páry na příslušném povrchu.

NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

Prostředí	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	-15.0	0.04	84	-15.00	-13.51541	0.33528
2	22.0	0.25	50	20.79	3.66516	0.09906

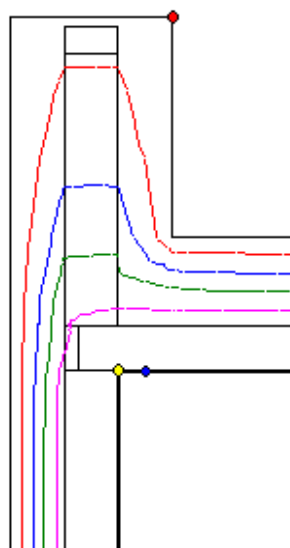
Vysvětlivky:

T zadaná teplota v daném prostředí [C]
Rs zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m2K/W]
R.H. zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]
Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]
Tep.tok Q hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]
(hodnota je vztažena na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)
Propust. L tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK]
(lze určit jen pro maximálně 2 prostředí; pro určité charakteristické výseky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

Izotermy:

— -8,00 C
 — 0,00 C
 — 7,00 C
 — 15,00 C

● Tsi=-15,00 C
 ● Tsi=20,79 C
 ● Tsi=21,99 C

**NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY, TEPLOTNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:**

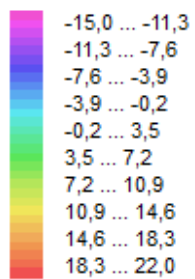
Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	-16.87	-15.00	1.000	ne	---	---
2	11.10	20.79	0.967	ne	---	---
3	11.10	21.99	1.000	ne	---	---

Vysvětlivky:

Tw	teplota rosného bodu v daném prostředí [C] - lze určit jen pro teploty do 100 C
Ts,min	minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]
f,Rsi	teplotní faktor dle ČSN 730540, EN ISO 10211 a EN ISO 13788 [-] [rozdíl minimální povrchové teploty a vnější teploty podělený rozdílem vnitřní (22.0 C) a vnější (-15.0 C) teploty - přesně lze určit jen pro max. 2 prostředí a pro rozdílnou vnitřní a vnější teplotu, program nicméně určuje orientační hodnoty i pro více prostředí, přičemž se uvažuje vnitřní teplota podle daného prostředí a konstantní vnější teplota Te = -15.0 C]
KOND.	označuje vznik povrchové kondenzace
RH,max	maximální možná relativní vlhkost při dané teplotě v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [%]
T,min	minimální potřebná teplota při dané absolutní vlhkosti v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [C] - platí jen pro případ dvou prostředí

Poznámka: Zde uvedené vyhodnocení rizika povrchové kondenzace neodpovídá hodnocení podle ČSN 730540-2. Program pouze porovnává teplotu povrchu s teplotou rosného bodu v okolním prostředí.

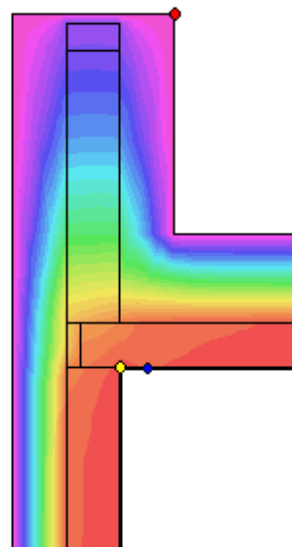
Teplotní pole [C]:



◆ Tsi=-15,00 C

◆ Tsi=20,79 C

◆ Tsi=21,99 C



ODHAD CHYBY VÝPOČTU:

Součet tepelných toků: -0.0001 W/m

Součet abs.hodnot tep.toků: 9.8876 W/m

Podíl: -0.0000

Podíl je menší než 0.001 - požadavek EN ISO 10211 je splněn.

Area 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE ČSN 730540-2 a změny Z1 (2011-12)

Název úlohy:

Návrhová vnitřní teplota T_i = 22,00 C
Návrh. teplota vnitřního vzduchu T_{ai} = 22,00 C
Relativní vlhkost v interiéru F_{ii} = 50,00 %
Teplota na vnější straně T_e = -15,00 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} = -15,00 C

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

Požadavek: $f, R_{si}, N = f, R_{si}, cr = 0,754$

Požadavek platí pro posouzení neprůsvitné konstrukce.

Vypočtená hodnota: $f, R_{si} = 0,967$

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

$f, R_{si} > f, R_{si}, N$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

II. 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 0,5 (0,1) kg/m².rok.

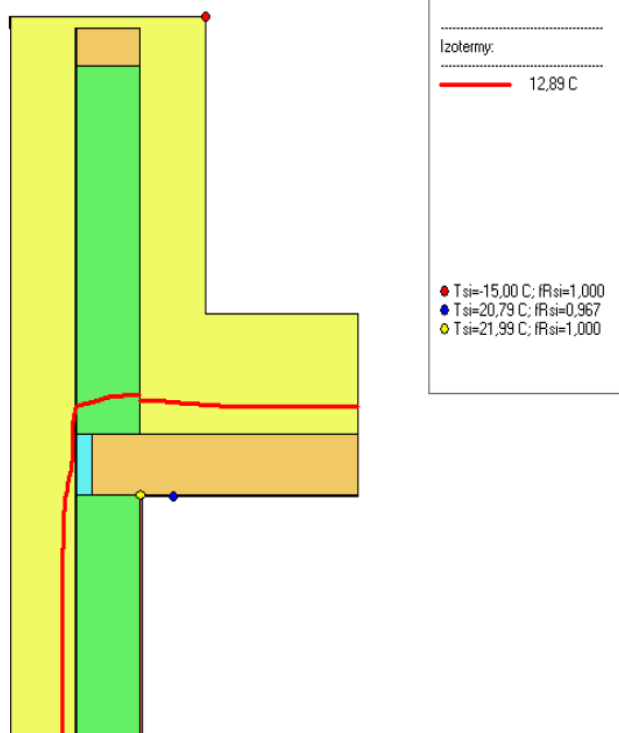
Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant, např. na základě grafických výstupů programu.

Vyhodnocení 2. požadavku je ztíženo tím, že neexistuje žádná obecně uznávaná a normovaná metodika výpočtu celoroční bilance v podmínkách dvourozměrného vedení tepla a vodní páry.

Orientačně lze použít výsledky dosažené metodikou programu AREA.

Třetí požadavek je určen pro posouzení skladeb konstrukcí při jednorozměrném vedení tepla a vodní páry - pro detaily se tedy nehodnotí.

Area 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software



ZÁVĚR

Na daném detailu nebude docházet ke kondenzaci vodních par na vnitřním povrchu a je eliminováno riziko vzniku plísní.

Lineární činitel prostupu tepla

Název úlohy - detailu: ATIKA
Zpracovatel: ZELENKA T.
Datum: 14.12.2019
Zakázka:
Varianta:

Tepelná propustnost L : 0,335 W/mK

Dílčí plošné konstrukce:	Příslušná délka [m]
Součinitel prostupu tepla	
0,109	1,700
0,070	1,600

Výsledný lineární činitel prostupu tepla Psi: 0,038 W/mK

Vyhodnocení z hlediska požadavků ČSN 730540-2:
Maximální přípustný lin. činitel Psi,N: 0,20 W/mK
Hodnocený detail splňuje požadavek ČSN 730540-2.

Area 2017, (c) 2017 Svoboda Software.

ZÁVĚR

Doporučená hodnota pro pasivní domy, na hodnotu lineárního činitele prostupu tepla je stanoven na hodnotu <0,05W/mK. **Tento požadavek je splněn.**

DVOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLOT A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 10211 a ČSN 730540 - MKP/FEM model

Area 2017 EDU

Název úlohy : **SPODNÍ STAVBA**

Varianta

Zpracovatel : ZELENKA T.

Zakázka :

Datum : 07.01.2020

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -15.0 C

Teplota vzduchu v interiéru: 22.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 49

Počet vodorovných os: 49

Počet prvků: 4608

Počet uzlových bodů: 2401

Souřadnice os sítě - osa x [m] :

0.00000	0.00087	0.00422	0.00757	0.01426	0.02765	0.05444	0.10801	0.21515	0.42942
0.64370	0.85797	0.91442	0.97087	0.98337	0.99587	1.00087	1.01962	1.03837	1.07587
1.15087	1.30087	1.45797	1.49899	1.51949	1.52975	1.53487	1.53744	1.54000	1.54087
1.54462	1.54837	1.55587	1.57087	1.60087	1.70519	1.80951	2.01815	2.43544	2.85272
3.27000	3.67875	4.08750	4.49625	4.90500	5.31375	5.72250	6.13125	6.54000	

Souřadnice os sítě - osa y [m] :

0.00000	0.75000	1.50000	1.77881	2.02879	2.15378	2.21628	2.24752	2.26315	2.27096
2.27486	2.27682	2.27779	2.27828	2.27853	2.27877	2.27881	2.27903	2.27925	2.27969
2.28057	2.28233	2.28584	2.29287	2.30693	2.33506	2.39130	2.50379	2.72877	2.87877
2.93877	2.96877	2.98377	2.99127	2.99877	3.00000	3.00742	3.01485	3.02969	3.05939
3.11877	3.14877	3.17877	3.18677	3.23002	3.27327	3.35977	3.53277	3.87877	

Zadané materiály :

č.	Název	LambdaX	LambdaY	MiX	MiY	X1	X2	Y1	Y2
1	Půda písčitá vl	2.300	2.300	2.000	2.000	1	49	1	36
2	Beton hutný 1	1.230	1.230	17	17	12	23	4	17
3	Beton hutný 1	1.230	1.230	17	17	17	22	16	30
4	Vápenopískové c	0.715	0.715	15	15	17	22	30	49
5	Beton hutný 1	1.230	1.230	17	17	2	17	29	30
6	Rigips EPS 100	0.035	0.035	70	70	2	17	30	41
7	Beton hutný 1	1.230	1.230	17	17	2	14	41	43
8	Dlažba keramick	1.010	1.010	200	200	2	17	43	44
9	Rigips EPS 100	0.035	0.035	70	70	14	17	41	43
10	Baumit sádrová	0.700	0.700	10	10	16	17	44	49
11	Synthos XPS 25I	0.038	0.038	100	100	22	30	16	42
12	Isover TWINNER	0.035	0.035	30	30	22	35	42	49

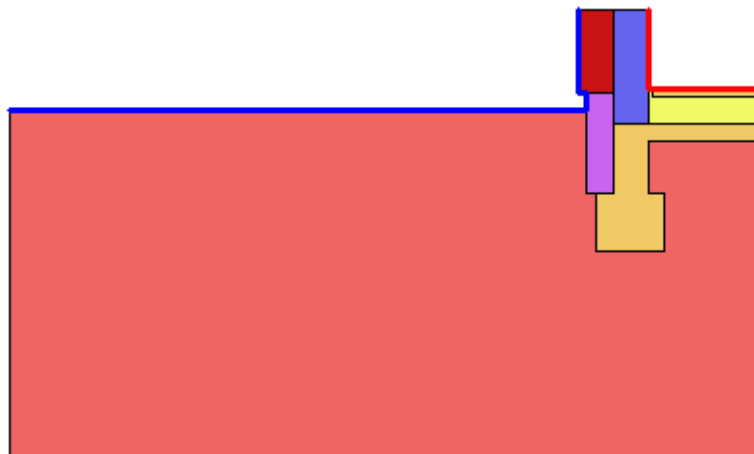
Poznámka: LambdaX a LambdaY jsou návrhové hodnoty tepelné vodivosti materiálu ve směru osy X a Y ve W/(m.K);
Mix a MiY jsou návrhové faktory difúzního odporu materiálu ve směru osy X a Y; X1 a X2 jsou čísla os

ve směru osy X a Y1 a Y2 jsou čísla os ve směru osy Y vymezující zadanou oblast.

Geometrie detailu a zadané podmínky:

Počet vertik. os: 49
Počet horizont. os: 49
Počet prvků: 4808

Teplota	Odpor Rs
≤ 0	≤ 0,05
≤ 0	> 0,05
> 0	≤ 0,16
> 0	0,17-0,24
> 0	≥ 0,25



Zadané okrajové podmínky a jejich rozmístění :

číslo	1.uzel	2.uzel	Teplota [C]	Rs [m2K/W]	RH [%]	P [kPa]	h,p [s/m]
1	1456	1463	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00
2	1463	1708	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00
3	1708	1715	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00
4	779	784	22.00	0.25	50.0	1.32	10.00
5	93	828	22.00	0.25	50.0	1.32	10.00
6	1	2353	5.00	0.00	99.0	0.86	0.00
7	1408	2388	-15.00	0.04	84.0	0.14	20.00

Poznámka: Rs je odpor při přestupu tepla na příslušném povrchu, RH je relativní vlhkost v prostředí působícím na příslušný povrch, P je částečný tlak vodní páry v prostředí působícím na daný povrch a h,p je součinitel přestupu vodní páry na příslušném povrchu.

NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

Prostředí	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	-15.0	0.04	84	-15.00	-88.49160	---
2	22.0	0.25	50	16.77	11.64139	---
3	5.0	0.00	99	5.00	76.97647	---

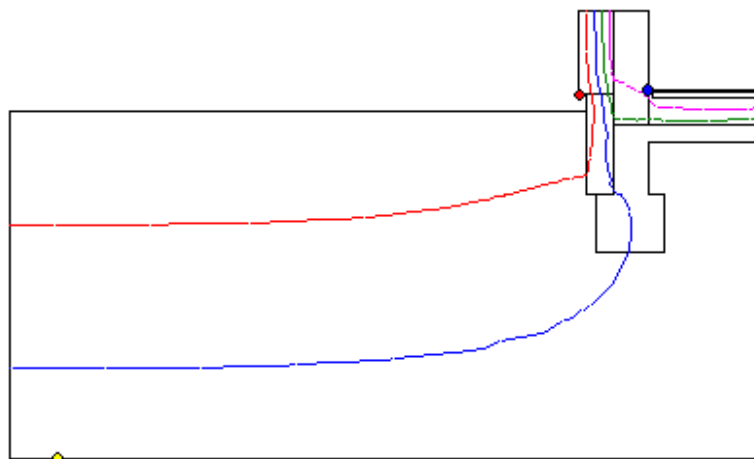
Vysvětlivky:

T zadaná teplota v daném prostředí [C]
Rs zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m2K/W]
R.H. zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]
Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]
Tep.tok Q hustota tepelného toku z daného prostředí [W/m]
(hodnota je vztažena na 1m délky tepelného mostu, přičemž ztráta je kladná a zisk je záporný)
Propust. L tepelná propustnost mezi daným prostředím a okolím [W/mK]
(lze určit jen pro maximálně 2 prostředí; pro určité charakteristické výseky lze získat průměrný součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

Izotermy:

— -8,00 C
 — 0,00 C
 — 7,00 C
 — 14,00 C

● Tsi=-15,00 C
 ● Tsi=16,77 C
 ● Tsi=5,00 C

**NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLOTY, TEPLOTNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:**

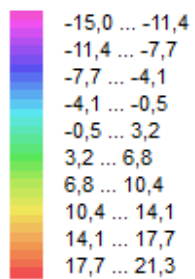
Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	-16.87	-15.00	???	ne	---	---
2	11.10	16.77	0.859	ne	---	---
3	4.86	5.00	1.000	ne	---	---

Vysvětlivky:

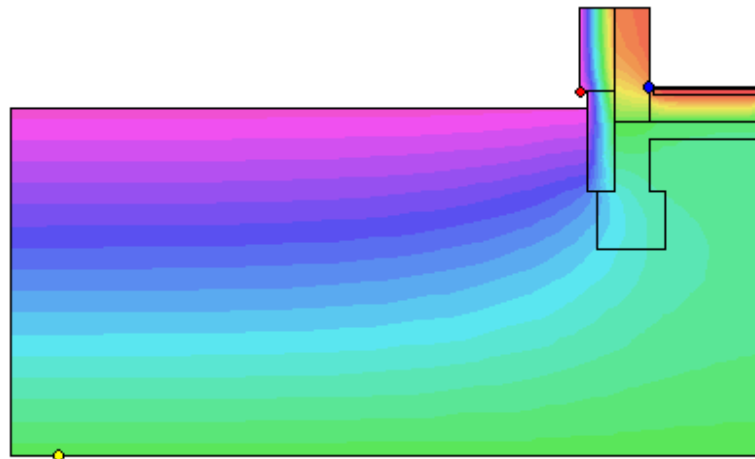
Tw	teplota rosného bodu v daném prostředí [C] - lze určit jen pro teploty do 100 C
Ts,min	minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]
f,Rsi	teplotní faktor dle ČSN 730540, EN ISO 10211 a EN ISO 13788 [-] [rozdíl minimální povrchové teploty a vnější teploty podělený rozdílem vnitřní (22.0 C) a vnější (-15.0 C) teploty - přesně lze určit jen pro max. 2 prostředí a pro rozdílnou vnitřní a vnější teplotu, program nicméně určuje orientační hodnoty i pro více prostředí, přičemž se uvažuje vnitřní teplota podle daného prostředí a konstantní vnější teplota Te = -15.0 C]
KOND.	označuje vznik povrchové kondenzace
RH,max	maximální možná relativní vlhkost při dané teplotě v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [%]
T,min	minimální potřebná teplota při dané absolutní vlhkosti v daném prostředí, která zajistí odstranění povrchové kondenzace [C] - platí jen pro případ dvou prostředí

Poznámka: Zde uvedené vyhodnocení rizika povrchové kondenzace neodpovídá hodnocení podle ČSN 730540-2. Program pouze porovnává teplotu povrchu s teplotou rosného bodu v okolním prostředí.

Teplotní pole [C]:



- Tsi=-15,00 C
- Tsi=16,77 C
- Tsi=5,00 C



ODHAD CHYBY VÝPOČTU:

Součet tepelných toků: 0.1263 W/m
 Součet abs.hodnot tep.toků: 177.1095 W/m
 Podíl: 0.0007
 Podíl je menší než 0.001 - požadavek EN ISO 10211 je splněn.

Area 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PODLE ČSN 730540-2 a změny Z1 (2011-12)

Název úlohy:

Návrhová vnitřní teplota T_i = 22,00 C
Návrh.teplota vnitřního vzduchu T_{ai} = 22,00 C
Relativní vlhkost v interiéru F_{ii} = 50,00 %
Teplota na vnější straně T_e = -15,00 C
Návrhová venkovní teplota T_{ae} = -15,00 C

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

Požadavek: $f, R_{si}, N = f, R_{si}, cr = 0,754$

Požadavek platí pro posouzení neprůsvitné konstrukce.

Vypočtená hodnota: $f, R_{si} = 0,859$

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

$f, R_{si} > f, R_{si}, N$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

II. 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 0,5 (0,1) kg/m².rok.

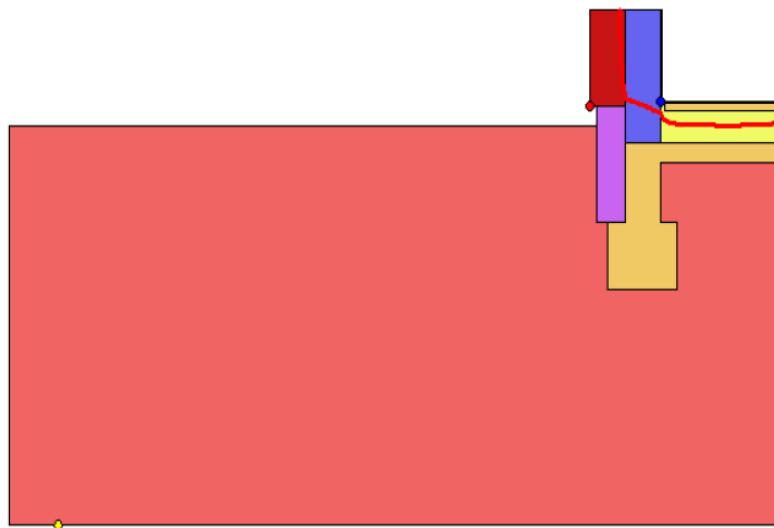
Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant, např. na základě grafických výstupů programu.

Vyhodnocení 2. požadavku je ztíženo tím, že neexistuje žádná obecně uznávaná a normovaná metodika výpočtu celoroční bilance v podmínkách dvourozměrného vedení tepla a vodní páry.

Orientačně lze použít výsledky dosažené metodikou programu AREA.

Třetí požadavek je určen pro posouzení skladeb konstrukcí při jednorozměrném vedení tepla a vodní páry - pro detaily se tedy nehodnotí.

Area 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software



LEGENDA:

Izotermie:

12,89 C

● $T_{si}=-15,00$ C; $fR_{si}=---$
● $T_{si}=16,77$ C; $fR_{si}=0,859$
● $T_{si}=5,00$ C; $fR_{si}=1,000$

ZÁVĚR

Na daném detailu nebude docházet ke kondenzaci vodních par na vnitřním povrchu a je eliminováno riziko vzniku plísní.