

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



Konstrukční řešení panelového systému dřevostaveb

Bakalářská práce

Autor: Tomáš Harigel

Vedoucí práce: Ing. Miloš Pavelek, Ph.D.

2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Harigel

Dřevařství
Dřevařství

Název práce

Konstrukční řešení panelového systému dřevostaveb

Název anglicky

Wooden Construction Panel System Solution

Cíle práce

Cílem práce je analýza konstrukčních skladeb a detailů panelového systému dřevostavby pro různé části konstrukcí. V první části práce bude zpracována literární rešerše zaměřená na panelovou výstavbu dřevostaveb včetně používaných materiálů a konstrukčních spojů.

V druhé části práce budou konstrukční skladby a detaily porovnány z pohledu stavební fyziky. Výstupem práce je srovnání stávajícího a navrhovaného stavu řešení pro využití výsledků v praxi, např. doporučených postupů při navrhování.

Metodika

- Literární rešerše
- Stávající řešení konstrukčních skladeb a detailů pro jednotlivé druhy konstrukcí
- Návrh konstrukčních skladeb a detailů pro jednotlivé druhy konstrukcí
- Srovnání a optimalizace konstrukčních detailů z pohledu stavební fyziky
- Diskuze
- Závěr

Harmonogram práce:

- červenec – říjen 2020: literární rešerše
- listopad – prosinec 2020: stávající řešení konstrukčních skladeb a detailů
- prosinec – leden 2021: návrh konstrukčních skladeb a detailů
- únor – březen 2021: srovnání a optimalizace konstrukčních detailů z hlediska stavební fyziky
- duben 2021: odevzdání závěrečné práce

Doporučený rozsah práce

30 – 40 normostran textu + přílohy

Klíčová slova

Konstrukce na bázi dřeva; panelová výstavba; konstrukční detaily; konstrukční spoje.

Doporučené zdroje informací

BLASS, Hans Joachim a Carmen SANDHAAS. Timber Engineering – Principles for Design. 2013. ISBN 3731506734.

ČSN 73 0540-2: Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Český normalizační institut. Praha, Česká republika., 2011.

Hazucha, J. (2016). Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy: doporučení pro návrh a stavbu. Grada Publishing, as.

HERZOG, Thomas. Timber construction manual. Boston: Birkhäuser, 2004. ISBN 978-3-7643-7025-1.

CHYBÍK, Josef. Přírodní stavební materiály. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-2532-1.

KOLB, Josef. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Vyd. 3., přeprac. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.

PAVLAS, Marek. Dřevostavby z vrstvených masivních panelů: technologie CLT. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-271-0055-2.

POIRIER, Erik, et al. Design and construction of a 53-meter-tall timber building at the university of British Columbia. In: Proceedings of World Conference on Timber

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Miloš Pavelek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 8. 7. 2020

Ing. Radek Rinn

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 21. 10. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 13. 04. 2021

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Konstrukční řešení panelového systému dřevostaveb** vypracoval samostatně pod vedením Ing. Miloše Pavelka Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Kladně dne 20. 4. 2021



Podpis autora

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval všem, kdo mě podporovali při zpracování této práce, zvláštní poděkování pak patří mému vedoucímu, panu Ing. Miloši Pavelkovi, Ph.D. za vstřícný přístup, odborný dohled a za vedení při práci se softwary. Také bych chtěl poděkovat svým spolužákům a své rodině, kteří mě vždy podporovali.

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřena na možnosti výstavby dřevostaveb pomocí systému panelové konstrukce. Bude zde uvedena historie konstrukčních systémů, konstrukční možnosti, materiálové skladby a požadavky stavební fyziky. Hlavním cílem práce bude zpracování stávající konstrukční skladby obvodové stěny a její optimalizace. Na závěr budou tyto skladby porovnány s dalšími konstrukčními systémy dřevostaveb.

Klíčová slova

Konstrukce na bázi dřeva; Panelová výstavba; Konstrukční detaily; Konstrukční spoje, Stavební fyzika.

Abstract

This bachelor thesis is focusing on the possibilities of constructing buildings out of wood-based prefabricated panels. That includes history of construction systems, possibilities of their composition, and used materials, and building engineering physics. Main goal of the thesis is to elaborate current construction composition of peripheral walls and its optimization. In conclusion, these compositions are compared with other wood-based construction systems.

Keywords

Wooden-based constructions; Panel construction; Construction details; Construction joints; Building engineering physics.

Obsah

Seznam tabulek a obrázků	9
Tabulky	9
Obrázky	10
Seznam zkratk a symbolů	11
1 Úvod.....	12
2 Cíle práce	13
3 Literární rešerše	14
3.1 Rozdělení dřevostaveb podle konstrukce.....	14
3.2 Historie.....	15
3.2.1 Historie dřevostaveb.....	15
3.2.1.1 Pravěk	15
3.2.1.2 Páté století před naším letopočtem	17
3.2.1.3 Páté století našeho letopočtu	17
3.2.1.4 Třinácté století našeho letopočtu	17
3.2.1.5 Patnácté století našeho letopočtu.....	18
3.2.1.6 Devatenácté století našeho letopočtu.....	18
3.2.1.7 Dvacáté století a současnost	18
3.2.2 Historie dřevostaveb panelové konstrukce.....	19
3.2.2.1 Vývoj panelů	19
3.2.2.2 Panely s dřevěným rámem.....	20
3.3 Stupně prefabrikace.....	20
3.4 Používané materiály	22
3.5 Popis konstrukce	23
3.5.1 Konstrukční spoje.....	25
3.5.2 Vnější obvodové stěna	25
3.5.3 Vnitřní příčky	26

3.5.4 Stropní konstrukce	27
3.5.5 Střešní konstrukce	27
3.5.6 Konstrukční ochrana	27
3.5.6.1 Přesahy střech	28
3.5.6.2 Upravený terén	28
3.5.6.3 Proudění vzduchu	29
3.6 Požadavky na konstrukce	30
3.6.1 Tepelně technické požadavky	30
3.6.1.1 Šíření tepla konstrukcí	32
3.6.1.2 Difúzní a průvzdušné požadavky	35
3.6.1.3 Vlhkostní požadavky	37
3.6.1.4 Energetická náročnost budov	39
4 Metodika	41
5 Panel s dřevěným rámem	42
5.1 Stávající řešení	42
5.1.1 Popis skladby konstrukce	42
5.2 Optimalizace	47
5.3 Srovnání	52
6 Diskuze	53
6.1 SIPs panel	53
6.2 CLT panel	57
6.3 Roubená konstrukce	60
6.4 Prefabrikované tvarovky	63
6.5 Těžký skelet	66
6.6 Lehký skelet	69
6.7 Shrnutí	73
6.7.1 Součinitel prostupu tepla	73

6.7.2 teplotní faktor	73
6.7.3 šíření vlhkosti konstrukcí	73
6.7.4 lineární činitel tepla	74
6.7.5 stupeň prefabrikace.....	74
6.7.6 zhodnocení.....	74
7 Závěr	75
8 Zdroje.....	77
8.1 Použitá literatura	77
Normy	78
8.2 Webové stránky.....	78
8.3 Zdroje použitých obrázků	78
9 Seznam přílohy	81
9.1 Přílohy	81

Seznam tabulek a obrázků

Tabulky

Tab. I Používané materiály	str. 22
Tab. II Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi, cr}$ pro návrhovou relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50 \%$	str. 33
Tab. III Teplota odpovídající kritickému teplotnímu faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi, cr}$ pro návrhovou relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50 \%$	str. 34
Tab. IV Požadované hodnoty součinitele spárové průvzdušnosti	str. 36
Tab. V Hodnoty intenzity celkové výměny vzduchu	str. 36
Tab. VI Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy	str. 40
Tab. VII Okrajové podmínky	str. 42
Tab. VIII Prostup tepla panelem s dřevěným rámem	str. 44
Tab. IX Porovnání s ČSN 73 0540-2 panel s dřevěným rámem	str. 46
Tab. X Prostup tepla optimalizovaným panelem s dřevěným rámem	str. 48
Tab. XI Porovnání s ČSN 73 0540-2 optimalizovaný panel s dřevěným rámem	str. 51
Tab. XII Prostup tepla SIPs panelem	str. 54
Tab. XIII Porovnání s ČSN 73 0540-2 SIPs panel	str. 56
Tab. XIV Prostup tepla CLT panelem	str. 58
Tab. XV Porovnání s ČSN 73 0540-2 CLT panel	str. 59
Tab. XVI Prostup tepla roubenou konstrukcí	str. 61
Tab. XVII Porovnání s ČSN 73 0540-2 roubená konstrukce	str. 62
Tab. XVIII Prostup tepla prefabrikované tvarovky	str. 64
Tab. XIX Porovnání s ČSN 73 0540-2 prefabrikované tvarovky	str. 65
Tab. XX Prostup tepla těžkým skeletem	str. 67
Tab. XXI Porovnání s ČSN 73 0540-2 těžký skelet	str. 68
Tab. XXII Prostup tepla lehkým skeletem	str. 70
Tab. XXIII Porovnání s ČSN 73 0540-2 lehký skelet	str. 71
Tab. XXIV Souhrn	str. 72

Obrázky

Obr. 01 Systémy dřevostaveb	str. 15
Obr. 02 Dlouhý dům	str. 16
Obr. 03 Stupně prefabrikace	str. 20
Obr. 04 Energetické výdaje na výrobu stavebních materiálů	str. 23
Obr. 05 Vrstvy systému	str. 24
Obr. 06 Zateplovací systémy	str. 26
Obr. 07 Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry	str. 39
Obr. 08 Průkaz energetické náročnosti budovy	str. 40
Obr. 09 Panel s dřevěným rámem	str. 43
Obr. 10 Izotermy panelu s dřevěným rámem	str. 44
Obr. 11 Teplotní pole panelu s dřevěným rámem	str. 45
Obr. 12 Relativní vlhkost panelu s dřevěným rámem	str. 45
Obr. 13 Oblast kondenzace panelu s dřevěným rámem	str. 45
Obr. 14 Optimalizovaná skladba	str. 47
Obr. 15 Izotermy optimalizovaného panelu s dřevěným rámem	str. 49
Obr. 16 Teplotní pole optimalizovaného panelu s dřevěným rámem	str. 49
Obr. 17 Relativní vlhkost optimalizovaného panelu s dřevěným rámem	str. 49
Obr. 18 Oblast kondenzace optimalizovaného panelu s dřevěným rámem	str. 50
Obr. 19 SIPs panel	str. 54
Obr. 20 Oblast kondenzace SIPs panelu	str. 55
Obr. 21 Skladba CLT panel	str. 57
Obr. 22 Oblast kondenzace CLT panel	str. 58
Obr. 23 Skladba roubené konstrukce	str. 60
Obr. 24 Oblast kondenzace roubená konstrukce	str. 61
Obr. 25 Skladba prefabrikovaných tvarovek	str. 63
Obr. 26 Oblast kondenzace prefabrikované tvarovky	str. 64
Obr. 27 Skladba těžkého skeletu	str. 66
Obr. 28 Oblast kondenzace těžký skelet	str. 67
Obr. 29 Skladba lehkého skeletu	str. 69
Obr. 30 Oblast kondenzace lehký skelet	str. 70

Seznam zkratk a symbolů

např. – například

tzv. – takzvaně

př. n. l. – před naším letopočtem

stol. n. l. – století našeho letopočtu

str. – strana

obr. – obrázek

tab. – tabulka

tl. – tloušťka

č. – číslo

Sb. – sbírka

ČR – Česká republika

ČSN – česká státní norma

EN – evropská norma

SIA – švýcarská norma

ISO – mezinárodní organizace pro normalizaci (International organization for Standardization)

MPO – ministerstvo průmyslu a obchodu

DTD – dřevotřísková deska

DVD – dřevovláknitá deska

PDP – překližovaná deska překližka

KVH – konstrukční hranol (Konstruktionsvollholz)

OSB – oriented strand board; Desky se směrově orientovanými třískami

BSH – vrstvené lamelové dřevo

MDF – polotvrdá dřevovláknitá deska

DHF – středně tvrdá dřevovláknitá deska

SIPs – Izolovaný panel (structural insulated panels)

CLT – křížem lepené panely (cross laminated timber)

PA – polyamid

PVC – polyvinylchlorid

a – zrychlení

kWh – kilowatthodina

kg – kilogram (základní jednotka hmotnosti)

m – metr (základní jednotka délky)
mm – milimetr
nm – nanometr
 μm – mikrometr
 m^2 – metr čtvereční
 m^3 – metr krychlový
s – sekunda (základní jednotka času)
h – hodina
f – frekvence
dB – decibel
log – logaritmus
W – watt
K – kelvin (základní jednotka teploty)
 $^{\circ}\text{C}$ – stupeň Celsia
R – neprůzvučnost
P – výkon
Hz – hertz
kHz – kilohertz
Pa – pascal
% – procento
 λ – součinitel zvukové pohltivosti

1 Úvod

Budovy jsou nedílnou součástí běžného života již od dob člověka vzpřímeného (*homo erectus*), jehož výskyt je datován před více než milionem let. Konstrukce prvních obydlí byla prostá, skládala se z přírodních materiálů a byl kladen velký důraz na lokalitu stavby. Používanými materiály byly kameny, dřevo, traviny, ale i materiály živočišného původu, jako jsou kosti a kůže.

Na současnou výstavbu budov je používáno velké množství materiálů různého původu s rozličnými vlastnostmi. Tyto materiály je možné kombinovat a vytvářet tak kompozitní materiály, které mají v kombinaci lepší vlastnosti než každý samostatně. Takovéto materiály jsou označovány jako stavební. Velkým vývojem prošly stavební materiály zvláště v poslední době, kdy probíhal velký pokrok i na poli počítačových technologií. Právě díky počítačovým technologiím mohou být zjišťovány vlastnosti jednotlivých materiálů, které pak lze ve stavbě vhodně použít.

Zatímco současným trendem je materiály laboratorně testovat, dříve, kdy nebyly analytické technologie, se stavební materiály a postupy ověřovaly v praxi; metodou pokus-omyl. Přestože takto vzniklo značné množství velkolepých staveb, v Evropě se v současnosti stavebnictví řídí nařízeními a normami. Účelem těchto nařízení je zajištění bezpečnosti, např. díky certifikovaným materiálům. Přesto tato nařízení mohou působit omezení. Zatímco v Kanadě stojí osmnácti patrová budova se dřevěnou nosnou konstrukcí, v ČR je možné stavět dřevostavby pouze jako čtyřpatrové.

Protože je dřevo obnovitelným zdrojem, představuje významný stavební materiál. Navíc je snadno opracovatelné, esteticky zajímavé a má široké využití. Používá se jak v nativním stavu, tak se z něj vyrábí plošné materiály (DTD, DVD, PDP, OSB, ...), lamelové prvky (nosníky) a v kombinaci s jiným materiálem kompozitní desky 1) minerální příměsy (sádrovláknitá deska, cementovláknitá deska) a 2) syntetické příměsy (dřevoplastové profily).

Aby byla stavba označována jako dřevostavba, musí mít nosnou konstrukci tvořenou dřevem, nebo materiálem na bázi dřeva. Tato práce je zaměřena na výstavbu panelové konstrukce dřevostaveb. Tímto způsobem lze provádět i výstavbu velkých objektů rychleji než železobetonovými konstrukcemi. Navíc panely splňují tepelné standardy při relativně malé tloušťce stěn.

2 Cíle práce

Cílem práce je analýza konstrukčních skladeb a detailů panelového systému dřevostavby pro možnosti výstavby. Bude vybrána konkrétní skladba systému panelu s dřevěným rámem a konstrukční detail napojení obvodové stěny. Tato skladba bude početně posuzována z pohledu stavební fyziky a následně optimalizována. Výstupem práce je srovnání stávajícího a navrhovaného stavu řešení pro využití výsledků v praxi, např. doporučených postupů při navrhování. Skladba je také porovnávána s dalšími systémy dřevostaveb.

3 Literární rešerše

Kapitola obsahuje rozdělení dřevostaveb podle konstrukce, historický náhled na problematiku dřevostaveb, zvláště pak na vývoj panelové konstrukce s dřevěným rámem. Obsahuje obecný popis konstrukčního systému panelové konstrukce a popisuje její různé části. Také jsou zde popsány stupně prefabrikace při výstavbě dřevěných budov a základní požadavky na ochranu dřevěných prvků. V poslední části této kapitoly jsou uvedeny řešené oblasti stavební fyziky.

3.1 Rozdělení dřevostaveb podle konstrukce

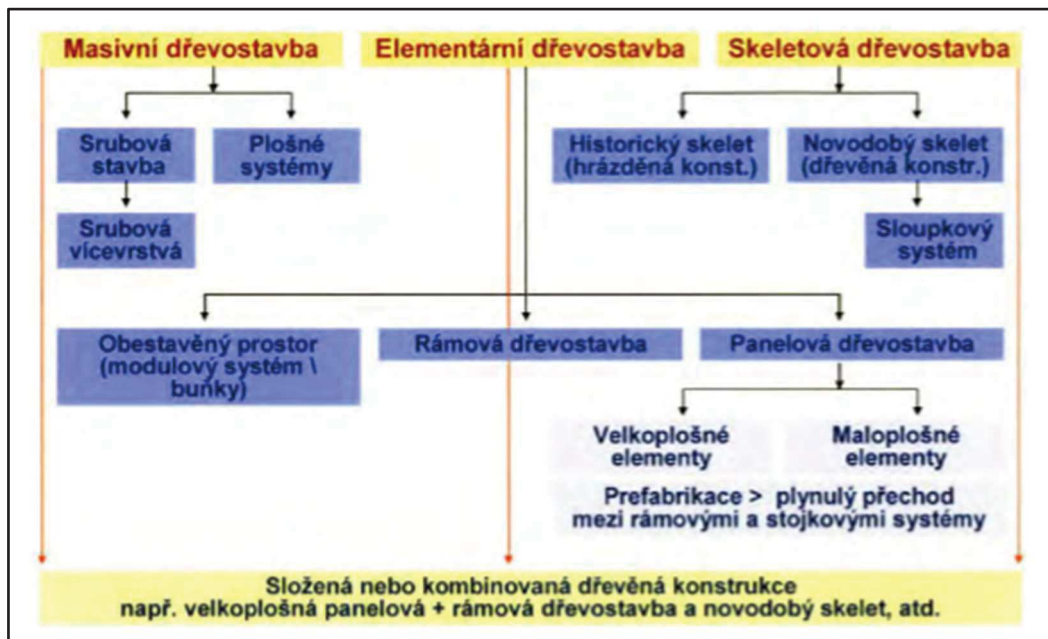
S ohledem na uspořádání vrstev v plášti budovy se v technické oblasti objevují novodobá řešení, která jsou patrná i v rozdílných nosných systémech dřevěných staveb. Právě podle nosných konstrukcí se dřevostavby rozdělují, avšak jednotlivá rozdělení se mohou lišit dle autora, např. obrázek 01.

Rozdělení systémů dle základních typů:

- srubové stavby,
- hrázděné stavby,
- stavby lehkého skeletu (Balloon-Frame a Platform-Frame)
- rámové stavby,
- skeletové stavby,
- stavby z masivního dřeva (Kolb, 2008).

Rozdělení systémů podle Štefka (Štefko et al., 2009):

- srubová stěnová konstrukce
- sloupková soustava
- skeletová soustava
- panelová konstrukce
- hrázděná konstrukce
- stěnová soustava z prefabrikovaných tvarovek



Obr. 01 Systémy dřevostaveb

3.2 Historie

Zde je uveden všeobecný historický vývoj obytných staveb s dřevěnou konstrukcí, který je následně zaměřen na samotný systém dřevěných panelů.

3.2.1 Historie dřevostaveb

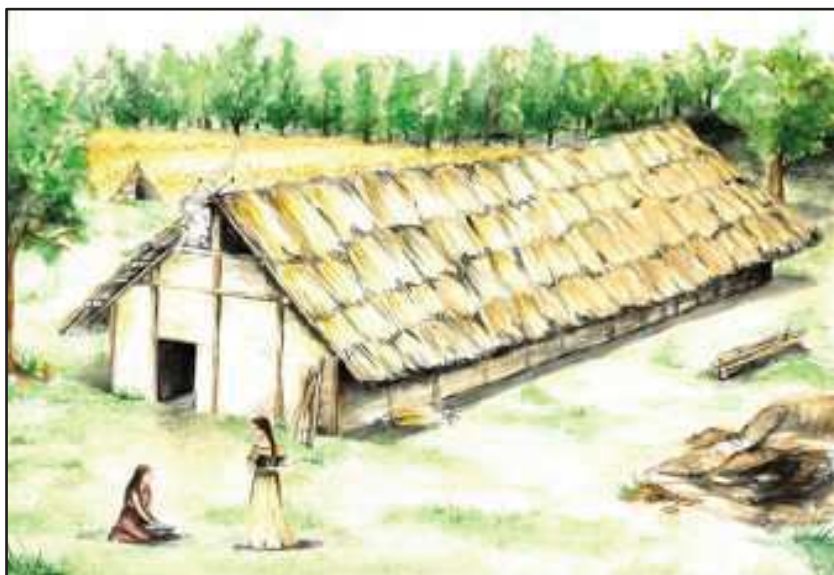
Díky své poloze uprostřed Evropy byla Česká republika od nepaměti křižovatkou rozličných migračních kmenů, etnik a národů. Proto se na tomto místě můžeme setkat kromě soudobých staveb také s pozůstatky staveb z dob dávno minulých (Lokaj, 2010).

3.2.1.1 Pravěk

Dřevo jako organický materiál podléhá rozkladu, proto nejsou dochovány žádné dřevěné prvky z období prvních lidí. Přesto neorganické dochované zbytky prvních obydlí naznačují, že dřevo používáno bylo, i když jen na jakési střešní konstrukce. V období počátku paleolitu se však uvádí již celodřevěná konstrukce stanového typu; Terra Amata (Nice, Francie). Dřevěné konstrukce se vyvíjeli na různých místech planety rozdílně v závislosti na klimatických a krajinných podmínkách, spolu s potřebami obyvatel, např. indiánská tee-pee či mongolská jurta, na území Čech pak roubenky a hrázděné stavby. Ve všech uvedených případech se jedná o přírodní dřevěné prvky, jejichž úprava vychází z používaných dřevoobráběcích nástrojů (Domov pravěku, 2012).

Nejstaršími stavebními materiály jsou bezesporu kámen a dřevo. Člověk je využíval na stavbu obydlí, avšak přesný vývoj těchto staveb od dob pravěku do současnosti nelze přesně doložit. Přesto existuje několik archeologických nálezů, podle kterých lze vývoj částečně rekonstruovat a sledovat tak rozvíjení kultury lidí v různých vývojových obdobích. Dalšími stavebními materiály kromě dřeva a kamení mohly být kosti, kůže a kůra. Použití těchto materiálů můžeme odvodit z nejstarších nálezů lidských obydlí, které pocházejí ze starší a střední doby kamenné. Jedná se o pozůstatky přístřešků a obydlí stanového typu, budovaných pravděpodobně rybáři a lovci (Vaverka, 2008).

Nejstarší obydlí s dřevěnou konstrukcí, která se mohou nazývat domy, jsou na našem území datována do pozdní doby kamenné (5000–3000 let př.n.l.). Tento vývoj byl pravděpodobně zapříčiněn rozvojem obživy člověka, která se rozšířila o pastevectví a zemědělství. Konstrukce obydlí je označována jako „dlouhé domy“, které měly životnost okolo 20 let. Samotná konstrukce byla tvořena pěti řadami, do země vsazených, kůlů, na kterých bylo usazeno pět vaznic; 1 vrcholová, 2 mezilehlé a 2 okapové. Na vaznicích byla tvořena střešní krytina v podobě došků. Stěny byly plné, bez oken, tvořené proutěnými výplety vloženými mezi svislé kůly. Na tyto výplety byla nanášena hliněná mazanina. Dlouhé domy (obr. 02) měly půdorysnou šířku 5,5 až 7 metrů a délku od 20 do 45 metrů (Lokaj, 2010).



Obr. 02 Dlouhý dům

V Čechách patří mezi nejstarší dochované stavby s dřevěnou konstrukcí kostel Panny Marie v Broumově. Tato stavba má nosnou konstrukci hrázděného systému, zakrytou prkny. Spolu s hrázděným systémem je mnoho historických dřevěných staveb

postaveno systémem skládání opracovaných vodorovných prvků na sebe, známé jako roubenky. Další historicky významný systém užívaný v Čechách je tzv. trámová konstrukce, která se vyznačuje skládáním opracovaných prvků svisle k sobě (Domov pravěku, 2012).

3.2.1.2 Páté století před naším letopočtem

V tomto období na území Čech přebývali Keltové. Nálezy z tohoto období ukazují, že konstrukce byla tvořena kamennou podezdívkou, na které stála nosná kostra tvořena dřevěnými prvky. Díky částečnému zahloubení celé stavby mohla střešní konstrukce, přesahující přes kamennou podezdívku, doléhat až k zemi. Tento systém výstavby přetrval na vesnicích až do období ranného středověku. Délka stěny nepřesahovala 10 m, většina nálezů svědčí o půdorysu s rozměry 4×5 m až 5×6 m (Lokaj, 2010).

3.2.1.3 Páté století našeho letopočtu

Do tohoto období se stavěly převážně zahloubené domy keltského typu. Ale v 5 stol. n. l. se v hradištích začaly stavět stavby roubené konstrukce (Lokaj, 2010).

3.2.1.4 Třinácté století našeho letopočtu

Ve 12. století se objevují první hrázděné stavby, které nadále ve 13. století kombinují dřevěné a kamenné materiály. Na stavbu nosných prvků je používán i kámen spojovaný přírodními pojivy, mnoho budov však stále vznikalo se dřevěnými nosnými prvky, které byly snáze opracovatelné. K dalšímu vývoji konstrukce však nedocházelo a byly používány stávající systémy (Domov pravěku, 2012).

Ve 13. století se konstrukce začínají lišit převážně vzhledem, a to podle určitých lokalit. Vliv lokality se také silně projevoval v používaných materiálech. Tento fenomén je nazýván „lidová architektura“ a na vesnicích se dochoval až do 19. století. Dále se zachovává roubená konstrukce, která se vyskytuje především ve vnitrozemí (Lokaj, 2010).

3.2.1.5 Patnácté století našeho letopočtu

Z archeologických nálezů a písemných dokladů můžeme vyvozovat, že veškeré konstrukční systémy staveb ze dřeva, které se dnes používají, vycházejí ze staveb srubových nebo hrázděných (Vaverka, 2008).

V 15. století již byly dřevěné nosné konstrukce nahrazovány kamennými zcela běžně a dřevo se využívalo převážně na krovové soustavy a na hospodářské budovy. Ve vesnicích, kde bylo dřevo dostupnější než ve městech, přetrvávala výstavba budov dřevěných (Domov pravěku. 2012).

3.2.1.6 Devatenácté století našeho letopočtu

Návrat k výstavbě dřevostaveb je ve světovém měřítku datován do 19. století. Dochází ke zjednodušení hrázděné konstrukce a vznikají první konstrukce skeletové. Na území Čech byl v 18. a 19. století nedostatek dřeva, které bylo používáno jako palivové a do dolů. Proto se dřevostavby stavěly pouze v horských oblastech a přetrvávala zde roubená konstrukce. Na konci 19. století dochází díky technologiím k rozsáhlému vývoji i v oblasti dřevařství a v Německu je vyrobena první dřevotřísková deska. V tomto období byl také vytvořen první dřevěný panel sloužící pro výstavbu obytných budov, skládající se z dřevěného rámu, jež byl pravděpodobně opláštěný deskou na bázi dřeva s minerálním pojivem (Domov pravěku, 2012).

3.2.1.7 Dvacáté století a současnost

Z protipožárních důvodů byly od konce 18. století dřevostavby odsunuty do ústraní, i když v omezeném množství se stále domy na bázi dřeva stavěly. V poslední době se dřevostavby dostávají stále více do povědomí lidí a množství postavených domů s nosnou konstrukcí ze dřeva, nebo materiálů na jeho bázi, každoročně roste. Tomu napomáhá i vývoj a výzkum jednotlivých stavebních materiálů na bázi dřeva, které umožňují relativně rychlou a tvarově variabilní výstavbu různými stavebními systémy. Jedním z těchto systémů je i výstavba pomocí panelů s dřevěným rámem (Lokaj, 2010).

V současné době je snaha z ekonomického a technologického hlediska co největší část výstavby nové budovy provádět ve výrobních halách a k zákazníkovi dopravit co nejvíce dodělané prvky. Z tohoto hlediska jsou současným vrcholem prostorové konstrukční systémy. Jedná se o zařízené buňky, které jsou celé zkompletovány na

výrobní hale a na staveništi se pouze usadí na připravené základy. Jednotlivé buňky, které samy o sobě mají relativně malé rozměry, lze skládat k sobě a vytvářet tak rozlehlé komplexy (Domov pravěku, 2012).

3.2.2 Historie dřevostaveb panelové konstrukce

Ze srubové a hrázděné konstrukce se odvíjí dělení staveb do dvou skupin. Jedna skupina dřevěných staveb jsou konstrukce tyčové; vycházející z hrázděné konstrukce, druhá skupina jsou stavby masivní; vycházející ze srubové konstrukce. Do těchto dvou skupin spadají veškeré současné konstrukce, které z daného systému vycházejí, ale liší se v konstrukčních úpravách prvků (Vaverka, 2008).

3.2.2.1 Vývoj panelů

Znalost výstavby hrázděných konstrukcí si s sebou z Evropy přinesli první přistěhovalci do Ameriky. Tam tento systém prošel velkým vývojem, jehož výsledkem bylo celkové zjednodušení a od 19. století se můžeme setkávat se systémem dřevěného rámu, nazývaného „Timber – Frame“. Nosná kostra systému je tvořena přímo na staveništi. V rámci systému „Timber – Frame“ se ještě rozlišují dva typy výstavby, podle svislých sloupků. Pokud jsou sloupky průběžné po celé výšce budovy, jedná se o výstavbu „Balloon – Frame“, jestliže jsou sloupky přes jedno podlaží, výstavba je nazývána „Platform – Frame“. Kvůli používání sloupků jsou stavby tvořené tímto způsobem označovány jako „Dřevostavby sloupkové konstrukce“. Systém sloupkových dřevostaveb se z Ameriky dostal zpět do Evropy okolo roku 1930, kdy se v Německu začaly realizovat stavby s touto konstrukcí. Ve střední Evropě se ze systému „Platform – Frame“ vyvinul systém „rámových dřevostaveb“. Systém rámu se projevil zvláště s možností větší prefabrikace. Rámový systém je vhodný pro vyšší stupeň prefabrikace, a tak vznikl způsob výroby panelů, označovaný jako „Panely s dřevěným rámem“ (Vaverka, 2008).

Dřevěné panely se podle konstrukce rozdělují do tří skupin, jež jsou zde řazené od nejstarší:

3.1.2.1 Panely s dřevěným rámem

3.1.2.2 Konstrukční izolované panely, SIPs

3.1.2.3 Vrstvené celodřevěné panely

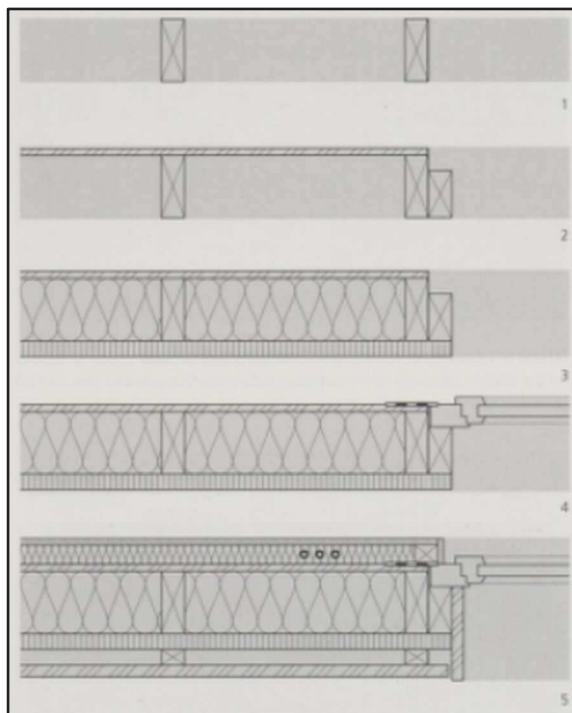
3.2.2.2 Panely s dřevěným rámem

Panel s dřevěným rámem byl patentován v roce 1880. Dřevěný rám panelu byl pravděpodobně opláštěný deskou tvořenou dřevními částmi spojenými minerálním pojivem, na bázi současných cementovláknitých desek. Pro spojování jednotlivých panelů sloužili šrouby s křídlovou maticí a zámky se západkou. Jednalo se o rozebíratelné spoje a toho bylo využíváno při přepravě, kdy se panely rozebraly na jednotlivé prvky, se kterými se snáze manipulovalo. Systém panelové konstrukce s dřevěným rámem byl rozšířen díky válečnému zdravotnictví. Nejprve se panely vyráběly v Dánsku již od roku 1880. V poválečném období se rámové panely začaly uplatňovat především na stavbu rodinných domů a jako veřejná zařízení. V současné době spočívá vývoj panelů s dřevěným rámem převážně v inovacích používaných materiálů. Díky prefabrikaci tohoto systému se jedná o relativně rychlou a suchou výstavbu, ekonomicky přijatelnou (Liška, 2015).

3.3 Stupně prefabrikace

Panelové dřevostavby jsou vyšším stupněm prefabrikace skeletového systému. Na rozdíl od skeletových konstrukcí se panely skládají ve výrobní hale a na stavbě dochází pouze k jejich montáži (Kohout, 1996).

Různé stupně prefabrikace určují, v jakém stupni dokončení stavební prvky opouštějí výrobní závod a jaké úpravy je ještě nutné na stavbě dodělat. Rozlišuje se 5 stupňů dokončenosti stavby.



Obr. 03 Stupně prefabrikace

U prvního stupně prefabrikace převažují práce prováděné na stavbě, kdy se z tyčových prvků a velkoplošných materiálů montují jednotlivé konstrukce. Druhý stupeň spočívá v přípravě na hale, kdy jsou části nosné konstrukce jednostranně opláštěny. Také jsou připravovány stavební otvory pro dveře a okna. U třetího stupně prefabrikace se při výrobě v hale instaluje do konstrukce rámu tepelná izolace a je prováděno opláštění i z druhé strany rámu. Rámy mohou být opatřeny připravenými trubkami pro technické rozvody. Ve čtvrtém stupni jsou osazovány výplně stavebních otvorů. Jako nejvyšší stupeň dokončení lze vytvářet panely s oboustrannou povrchovou úpravou. Také je možné vytvářet celé prostorové konstrukce, které se na místo stavby dováží (Kolb, 2008).

První stupeň prefabrikace se vyznačuje velkou mírou řemeslné práce na staveništi, kdy jsou z deskových a tyčových materiálů tvořeny konkrétní konstrukce. U druhého stupně prefabrikace probíhá ve výrobní hale krácení a formátování nosných prvků a plášťových materiálů. Takto připravené prvky mohou být označeny a expedovány na staveniště, nebo mohou být na hale nejprve smontovány do jednoplášťového panelu a expedovány v tomto stavu. Při prefabrikaci třetího stupně se vyrábí panely střešních, stropních a stěnových panelů. Dřevěný rám je opatřený stavebními otvory, opláštěný a vyplněný tepelnou izolací. Na stavbě jsou montovány jednotlivé panely k sobě a provádí se dokončovací práce. Ve čtvrtém stupni prefabrikace jsou na hale tvořeny prostorové konstrukce modulových buněk, které se na staveništi dovážejí ve smontovaném stavu. Pátý stupeň prefabrikace je nejvyšší a zahrnuje stavební objekty kompletizované v hale, včetně osazení oken a dveří, nebo zabudování kuchyňské linky. Na staveništi se tak provádí pouze usazení na základovou desku (Současné dřevostavby a nové materiály na bázi dřeva (2008: Křtiny, Česko) Lesnická a dřevařská fakulta, 2008).

3.4 Používané materiály

Základním prvkem pro výstavbu jedno a dvoupodlažních budov je řezivo s průřezem 60/120 mm. Pro zesílení izolace se mohou průřezy zvětšovat, nebo lze použít druhou izolační vrstvu, nezávislou na nosné konstrukci (Kolb, 2008).

Tab. I Používané materiály

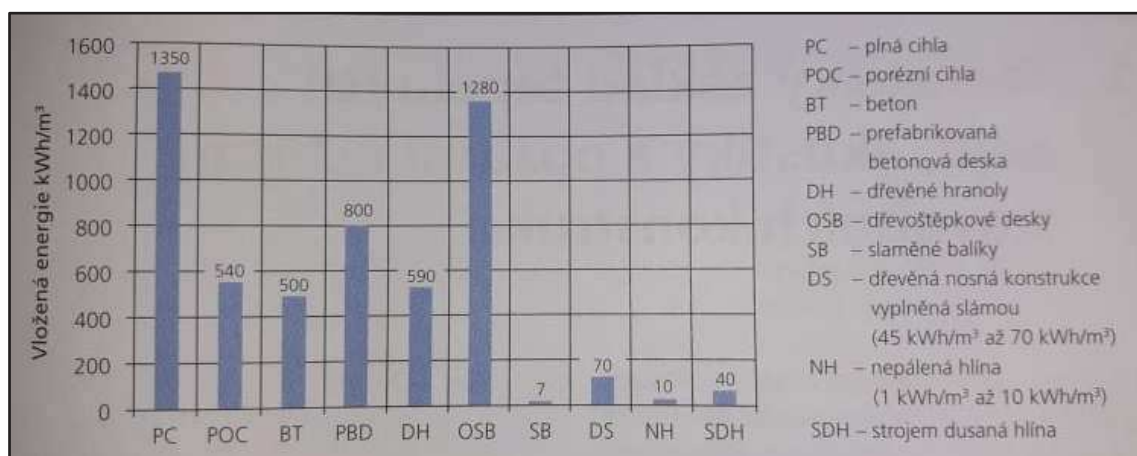
nosné prvky	KVH I nosníky BSH
opláštění	třívrstvé desky OSB MDF třískové desky sádrovláknité desky PDP
izolace	minerální vláknité desky celulózová vlákna dřevovláknité desky jiné izolační materiály

Materiály byly již v roce 1939 normou ČSN 1168 rozděleny do dvou skupin:

- a) přírodní materiály: kámen a menší kamenné segmenty, písek, hlíny, asphalt, dřevo, rákos
- b) umělé materiály: cement, sádra, vápno, dehet, ocel a šedá litina, pálená hlína atd.

Umělé materiály získávané chemickým průmyslem mají většinou menší pořizovací cenu než materiály přírodní, mají-li mít stejné vlastnosti. Navíc je možné chemickou výrobou získat látky, které mají lepší vlastnosti než látky přírodní. Např. srovnání tepelných vlastností pěnového polystyrenu s přírodními produkty. Důležité však je zhodnocení prostředků na získání vstupních surovin a energie vložené do zpracování. Dalším důležitým bodem jsou dopady používání umělých materiálů v budoucnosti. Stále častějším jevem je, že jsou nové budovy stavěny z obnovitelných materiálů, a to jak v ČR, tak i v mnoha jiných evropských zemích. Používání těchto materiálů je optimalizováno díky moderním technologiím, které umožňují analyzovat

vlastnosti daného materiálu. Současnou veličinou, pro porovnávání náročnosti získání stavebního materiálu, je energie potřebná na jejich výrobu, která je udávána v kWh/m³, příklady některých materiálů jsou zobrazeny na obrázku 04 (Chybík, 2009).



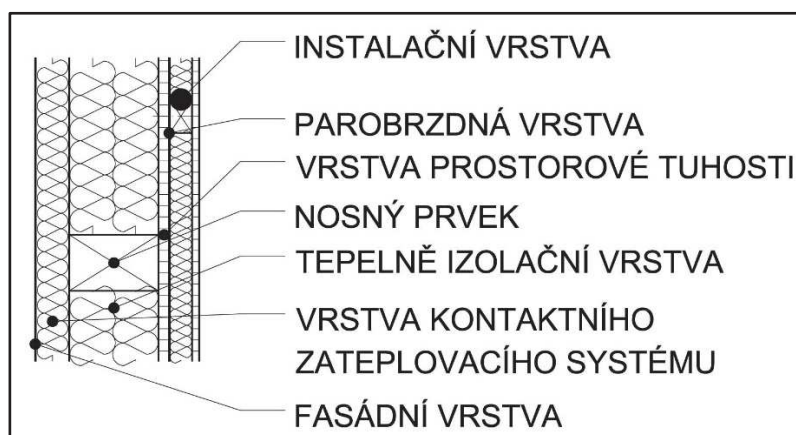
Obr. 04 Energetické výdaje na výrobu stavebních materiálů

3.5 Popis konstrukce

Panely s dřevěným rámem jsou nazývány také jako dřevěné spojité konstrukce. Rozdíl mezi rámovou dřevostavbou a panelovou dřevostavbou je v technologii výroby, kdy je rozhodujícím faktorem pro dělení dle výrobní technologie stupeň prefabrikace. Základním stavebním prvkem pro panelové dřevostavby je dřevěný rám s pláštěm, jehož konkrétní rozměry odpovídají finálnímu umístění ve stavbě. V praxi se prvky dodávají v různém stupni dokončení; jednostranně opláštěný rám, panel se zabudovanými okny a dveřmi, panel s rozvody, panel s konečnou povrchovou úpravou. Běžné rozměry pro výrobu panelů jsou 1200 × 2600 mm, s hmotností okolo 80 kg. Lze vyrábět i celostěnové panely, jejichž délka je až 12 m, ale je nutné mít tomuto rozměru přizpůsobenou výrobní linku a plánovat způsob dodání panelu na stavbu (Lokaj, 2010).

Vzhled rámových dřevostaveb obvykle neodpovídá typu starších dřevostaveb, které se ve střední Evropě objevují. Je to dáno zakrytím nosných prvků jak z exteriéru, tak z interiéru. Vnější plášť bývá převážně z desek na bázi dřeva, či ze dřeva rostlého. Tyto desky se následně upravují krycím materiálem, jež tvoří povrchovou vrstvu, a tak samotné desky chrání. Můžeme se setkat s budovami, které mají kompaktní fasádu uchycenou přímo na rám konstrukce. Jako interiérový plášť se používají desky na bázi dřeva, sádrovláknité či sádrokartonové desky. Tyto desky jsou dále povrchově upravovány (Kolb, 2008).

Panely tvořené rámem a pláštěm jsou nazývány žebrovými panely. Plášť je tvořen deskovými materiály na bázi dřeva, které jsou připevněny mechanickými spojovacími prostředky (sponky, hřebíky) k rámu. Rám je často tvořen rostlým dřevem v podobě KVH hranolů, ale používají se i materiály na bázi dřeva, jako jsou: vrstvené dřevo (LVL), lepené lamelové dřevo (BHS), I nosníky. Příklad obecné skladby je zobrazen na obrázku 05. Stěnové panely přenášejí svislá zatížení a v tomto směru jsou také orientovány sloupky, tvořící žebra panelu. Sloupky jsou zatíženy i dalšími tahovými a tlakovými silami. Tyto síly jsou způsobeny vodorovným zatížením od výztužných stropních či střešních desek. Panelový plášť zajišťuje přenášení šikmých zatížení, způsobených vodorovnými silami. Zatížení přenášejí přes úhlopříčku. Deskové materiály sloužící jako pláště se k rámu připevňují orientovány hlavní osou svisle, takže se zvyšuje únosnost panelu. Minimální tloušťka pláště se určuje výpočtem (Jelínek, 2008).



Obr. 05 Vrstvy systému

Půdorys a samotný rastrový rozměr může být zvolen libovolně. Je však třeba zohlednit statické požadavky a výrobní a konstrukční možnosti. Běžný je malý rastr, pokud u konstrukcí těžkého skeletu je uvažován rastr velký. Konstrukční dřevěné prvky šířky 60 mm se rozmisťují převážně s osovou vzdáleností 625 mm. Tento rastr je volen kvůli navazujícím, převážně deskovým, materiálům. Současné desky na bázi dřeva a sádrovláknité desky mají obchodní šířku 1250 mm. Pokud se na stavbu využívají materiály s jinými rozměry, lze přizpůsobit i rastr nosné konstrukce. Při stanovování rastru je třeba brát v úvahu: používaný izolační materiál, rozměry materiálů plášťů, rozměry a umístění výplní stavebních otvorů, členění obvodových stěn a vnitřní dispozice (Kolb, 2008).

3.5.1 Konstrukční spoje

Dřevěné rámy panelů jsou spojovány na tupo a zafixovány jsou buď hřebíkováním, nebo sponkováním. Po jednostranném opláštění je rám ztužen pláštěm. Při usazování panelů na stavbě jsou k uchycení se základem používány kotvy do betonu a kovové úhelníky. Při spojování panelů mezi sebou jsou využívány především svorníky. U výstavby panelového systému se s tesařskými spoji setkáváme pouze u krovových konstrukcí, většinou ve spojení s mechanickými spojovacími prostředky (Štefko, 2009).

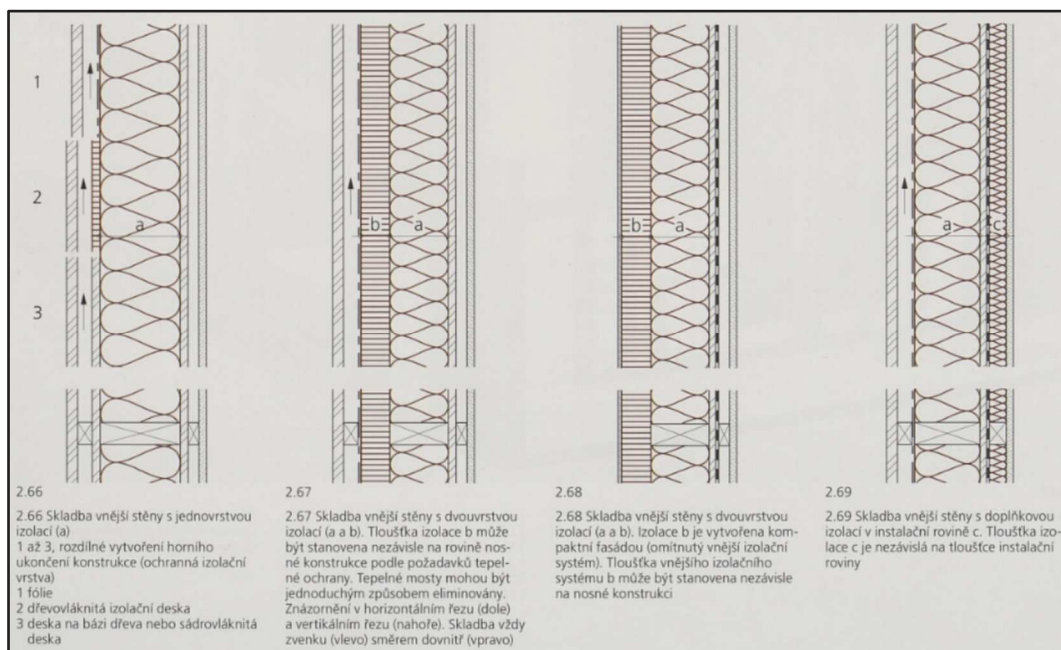
Mechanickými spojovacími prostředky; hřebíky, vruty, hmoždíky, svorníky, úhelníky, jsou vytvářeny spoje označované jako poddajné, které umožňují malý posuv spojovaných materiálů. Za spoje nepoddajné jsou označovány spoje lepené, které žádný pohyb neumožňují. Spojovací prostředky lze rozdělit do několika skupin:

- 1) Spojovací prostředky kolíkového typu (hřebíky, vruty, sponky, svorníky, kolíky,)
- 2) Hmoždíky
- 3) Styčnickové desky s prolisovanými trny
- 4) Tvarové součásti z ocelového plechu
- 5) Lepené spoje (Jelínek, 2008).

3.5.2 Vnější obvodové stěna

Svislé konstrukce, jejichž účelem je přenášet zatížení střešní konstrukce, případně konstrukce stropní a stěn vyšších podlaží. Použité prvky proto musí rozměrově odpovídat, aby vydrželi zatížení a splňovali tepelné požadavky (viz 3.6.1 Tepelně technické požadavky). Je důležité dbát i na správné spojovací prostředky (Růžička, 2014).

Skladba stěnového panelu je různá pro konkrétní budovy a je dána především tepelně technickými požadavky. Dále se skladba odvíjí od požadovaných materiálů vztažených k vlastnostem a povrchové úpravě. Kvůli splnění tepelných požadavků je často na obvodové stěny přidávána dodatečná izolace, která se může přidávat jak na exteriérovou stranu rámu, tak na interiérovou stranu rámu; často jako instalační předstěna, možnosti jsou zobrazeny na obrázku 06 (Kolb, 2008).



Obr. 06 Zateplovací systémy

3.5.3 Vnitřní příčky

Vnitřní svislé konstrukce mají za úkol dispozičně oddělovat jednotlivé místnosti, ale mohou mít funkci i nosnou, pokud je na ně navázána jiná konstrukce, např. schodiště. Kromě dispozičního dělení místností příčky dělí prostory i akusticky a tato jejich vlastnost může být podporována zvolením vhodných materiálů. Doporučené je volit stejné materiály jako na obvodové stěny (Pejchal, 2007).

Dělicí svislé stěny, které nepřenášejí zatížení ostatních stavebních konstrukcí, zajišťující dělení velkých vnitřních prostor na menší. Často jsou tvořeny prefabrikovanými dílci. Panelové příčky se skládají z dřevěného rámu izolace a plášťů. Nosné prvky rámu mohou mít menší průřez než u obvodových stěn a nepoužívá se dodatečná izolace. Výšky těchto panelů jsou odvozovány od výšek podlaží a skládají se ze tří součástí:

- a) příčkové dílce
- b) kotevní prvky
- c) krycí lišty (Křupalová, 2003).

3.5.4 Stropní konstrukce

Stropní konstrukce dělí stavbu výškově na jednotlivá podlaží. Důležitá je únosnost stropní konstrukce, aby vydržela zatížení, která se odvíjí jak od použitých materiálů, tak od rozpětí, které stropní prvky musí překlenout. Dřevěné stropy mají z pravidla větší průhyb než železobetonové desky, ale to lze částečně eliminovat použitím vhodných velkoplošných materiálů (Pejchal, 2007).

Konstrukce stropů a příček mají stejnou primární funkci, kterou je rozdělování vnitřní dispozice. Stropy navíc přenášejí do nosných svislých konstrukcí užité zatížení, proto se také řadí mezi nosné konstrukce. Kromě nosných prvků má stropní konstrukce funkční části jako jsou podlaha a podhled, které pomáhají zajišťovat komplexní funkce stropní konstrukce z hlediska akustické a tepelné izolace a odolnosti proti ohni. Pro návrh stropní konstrukce je nutné vycházet ze statického výpočtu (Hujňák, 1986).

3.5.5 Střešní konstrukce

Střecha je konstrukce, která svrchu uzavírá budovu a chrání ostatní konstrukce proti povětrnostním vlivům. Naopak má zadržovat v budově teplo. Skládá se z nosné konstrukce, tepelné izolace a střešní krytiny, která je v přímém kontaktu s povětrnostními vlivy (Pejchal, 2007).

Konstrukce střechy spadá do kategorie konstrukcí, které mají více sdružených funkcí. Hlavní funkcí této konstrukce je ochrana interiéru proti povětrnostním vlivům. Základním prvkem je střešní panel, který přenáší vnější statické namáhání. Skladba těchto plášťů je většinou řešena individuálně podle konkrétních technických požadavků, kdy je nejdůležitější požadavek tepelně technický (Hujňák, 1986).

3.5.6 Konstrukční ochrana

Životnost dřevěných prvků záleží na jejich ochraně. Dřevěné prvky mohou být napuštěné fungicidními a insekticidními látkami či antipyreny, avšak na dřevo má velký vliv i prostředí, ve kterém se nachází. Důležitá je ochrana především proti kapalné vodě, kdy platí:

- 1) zamezení kontaktu vody a dřeva
- 2) pokud se voda ke dřevu dostane, musí se dostat i od něj.

Mezi hlavní zásady konstrukční ochrany se řadí: přesahy střech, upravený terén kolem stavby, odvětrání a proudící vzduch (Růžička, 2014).

Konstrukční ochrana zajišťuje dlouhodobou funkčnost dřevěných prvků v konstrukci. Dřevěné prvky mohou být chráněny i vhodným povrchovým, nebo hloubkovým ošetřením impregnací. Obecně je dáno, že s klesající konstrukční ochranou roste namáhání konstrukce, což zvětšuje míru jejího ohrožení. Čím extrémnější podmínky na dřevěný prvek působí, tím více záleží na volbě vhodného materiálu a dodatečné chemické ochraně. Mezi prvky konstrukční ochrany se řadí: vhodné umístění budovy, přizpůsobit konstrukci lokální povětrnosti, ochrana konstrukcí střešním přesahem, zabránění kontaktu konstrukcí se zemí a s odstříkující vodou (Kolb, 2008).

Stavebně-konstrukční ochrana je nejdůležitější a základní způsob, jak chránit dřevěné prvky proti negativním vlivům biotických i abiotických činitelů. Vhodným použitím a umístěním prvků konstrukce je snižováno riziko vzniku požáru. Proto je třeba brát tento způsob ochrany v úvahu již při projektování. Nejzásadnější vliv je působen na zvýšenou vlhkost v konstrukci, založený na umožnění proudění vzduchu. To má za následek, že při krátkodobém zvýšení vlhkosti dřevěných prvků, způsobených např. deštěm, konstrukce rychle vyschnou. Obecně platí, že je třeba zajistit odtok srážkové vody profilováním dřevěných prvků. Dodatečná ochrana může být zajištěna chemickými prostředky (barvy, laky, impregnace, hydrofobní látky, antipyreny). V interiéru je možné chemickou ochranu značně omezit. Správně zvolená ochrana zachovává funkční vlastnosti prvků (Baier, 2004).

3.5.6.1 Přesahy střech

Přesah střešní konstrukce přes obvodové stěny odvádí dešťovou vodu mimo konstrukci do žlabů, čímž zamezuje jejímu vnikání do konstrukce, ale také chrání fasádu jak proti dešťům, tak proti slunečnímu záření. Zvláště proti záření v letním období může i malý přesah střechy stínit podkrovní okna. Zvláště proto je současný trend navrhování bezpřesahových střech nevhodný.

3.5.6.2 Upravený terén

Obecně platí, že – pokud je to možné – dřevěné prvky by měly být spodní hranou vzdáleny nejméně 300 mm od upraveného terénu. Tato ochrana je proti vnikání vlhkosti ze země a z odražené vody při dešti. Pokud nelze jinak a je třeba dřevěné prvky umístit blíže k terénu, je žádoucí opatřit prvky proti vlhkosti izolací.

3.5.6.3 Proudění vzduchu

Jedním z nejlepších způsobů, jak odstranit z konstrukce nežádoucí vlhkost je zajistit dostatečné proudění vzduchu. Zajištění proudění ale může být technický problém zvláště u spodní stavby a prvků ve styku se zemí (Růžička, 2014).

3.6 Požadavky na konstrukce

Pokud je nosná konstrukce tvořena dřevem, nebo materiálem na bázi dřeva, nezáleží životnost a spolehlivost pouze na správnosti statického posouzení. Správný statický návrh a jeho následné posouzení v dané konstrukci závisí na rovnovážné vlhkosti prvků, ze kterých je tvořena. Vlhkost se odvíjí od provozních podmínek, které nastávají při běžném užívání a závislé jsou i na klimatických podmínkách v konkrétní lokalitě stavby (Vaverka, 2008).

3.6.1 Tepelně technické požadavky

Tepelná zátěž a její rovnoměrné působení na povrch těla člověka je důležitým faktorem pro jeho termoregulaci, čímž je ovlivňováno zdraví dané osoby. Nejzávažnějším jevem je z pohledu hygieny nadměrné ochlazování, případně ohřev, nohou oproti zbytku organismu. Na tomto základu určuje teplota v prostoru hygienické požadavky pro řešenou oblast, resp. hygienické požadavky uvádějí, jaké teploty prostředí má být dosaženo. Velký vliv na tyto požadavky má teplota podlahy, a to především v zimním období. Další nezanedbatelný faktor je teplota přiváděného vzduchu, s rychlostí proděnění do 0,2 m/s. Teplota podlahy by v kontaktu s chodidlem měla mít minimální teplotu 24 °C, pokud se jedná o dlouhodobý kontakt, teplota by měla být vyšší, a to v rozmezí 24-33 °C. Výjimkou pro nižší teplotu je materiál podlahového povrchu. Pokud je tato vrstva z izolovaného materiálu, může být teplota povrchu shodná s teplotou okolního vzduchu (Brunecký, 1998).

Tepelně technické požadavky jsou řešeny v ČSN. Norma byla vydána v roce 1994 s označením „ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov“ a skládala se ze čtyř částí. V průběhu let byla norma několikrát upravena a nejnovější úprava je platná od roku 2011. Požadavky v oblasti tepelně technických nároků jsou stanoveny normativním dokumentem, kterým je ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Závazné dodržování předepsaných hodnot je nařízeno vyhláškou. Vyhláška je závazná jak pro veškeré novostavby, tak pro stavební úpravy, udržovací práce a další úpravy dokončených budov (Chybík, 2009).

Splnění normy ČSN 73 0540-2 zajišťuje prevenci proti tepelně technickým vadám, jež mohou v konstrukci vznikat. Také snižuje pravděpodobnost vad, zvyšuje komfort uživatelů a nízkou energetickou náročnost budov. Mezi tepelně technické

požadavky se řadí šíření tepla, vzduchu a vlhkosti konstrukcemi a místnostmi, případně budovami. Také je uváděna energetická náročnost budov. Požadavky tepelně technické normy jsou požadovány po celou dobu funkčního používání budovy, při její běžné údržbě, vyjma nepředvídatelných vlivů. Hodnoty vycházející z této normy určují úroveň technického požadavku, jež je prokazována v návaznosti na jiné stavební technické předpisy a vyhlášky podle zvláštního předpisu. Doporučené hodnoty se vztahují na energeticky úsporné objekty a stanovují vhodnou úroveň pro jednotlivé energetické třídy (ČSN 73 0540-2, 2011).

Požadavky kladené na konstrukce mají primárně zajisti 3 funkce:

- 1) tepelnou pohodu uživatelů
- 2) minimalizování spotřeby energie
- 3) prevence vzniku tepelně technických poruch

Aby tyto funkce byly zajištěny, musejí být dodržena tepelně technická kritéria vycházející z výše uvedené normy, která zahrnuje fyzikální děje probíhající ve stavebních konstrukcích. Tyto děje jsou:

- a) šíření tepla konstrukcí; nejnižší vnitřní teplota na povrchu konstrukce, součinitel prostupu tepla, bodový a lineární součinitel prostupu tepla, pokles dotykové teploty podlahy
- b) šíření vlhkosti konstrukcí; zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce, roční bilance vypařování a kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce
- c) šíření vzduchu konstrukcí a budovou; výměna vzduchu v místnostech, průvzdušnost
- d) tepelná stabilita místnosti; v letním a zimním období
- e) prostup tepla obálkou budovy; průměrný součinitel prostupu tepla (Lokaj, 2010).

„Pro ověření shody s technickými požadavky podle této normy se používají:

- a) návrhové hodnoty veličin charakterizující chování konstrukce, místnosti a budovy podle 4.3, stanovené za podmínek a pro vstupní údaje uvedené v ČSN 73 0540-3 a v jejích normativních odkazech;
- b) výpočtové metody a postupy podle ČSN 73 0540-4 a v jejích normativních odkazech;
- c) zkušební metody a postupy podle platných ČSN respektující podmínky v ČSN 73 0540-3 (ČSN 73 0540-2, 2011, str. 8).“

Značné množství nových staveb v Evropě bylo realizováno z přírodních materiálů a dosahují velmi nízké energetické spotřeby. Používáním těchto materiálů lze dosáhnout

i tzv. pasivních domů. Cílem snižování energetické náročnosti budov je snížení celkového zatížení životního prostředí (Chybík, 2009).

Norma rozděluje konstrukce na *těžké* a *lehké*. Dělení vychází z tepelné setrvačnosti konstrukcí, mezi lehké konstrukce – s nízkou tepelnou setrvačností – se řadí takové konstrukce, které mají plošnou hmotnost vrstev nižší, než 100 kg/m². Započítávané vrstvy jsou od interiéru po izolační vrstvu včetně. Ostatní konstrukce se označují jako těžké – s vysokou tepelnou setrvačností (ČSN 73 0540-2, 2011).

3.6.1.1 Šíření tepla konstrukcí

Teplo je energie, která se v jakémkoliv prostředí šíří na základě rozdílných teplot ve dvou různých místech. Šíření tepla je způsobeno snahou o vyrovnání tepelného stavu prostoru či tělesa. Samotný přenos je pak směřován od místa s vyšší teplotou, do místa s teplotou nižší. Šíření tepla může probíhat třemi způsoby: vedením (kondukce), prouděním (konvekce) a sáláním (radiace). Tyto způsoby se liší podle prostředí, ve kterém šíření probíhá a fyzikálními zákony, které proces ovlivňují. Vedení tepla je uskutečňováno především v tuhých tělesech, proto se jedná o nejčastější způsob vedení tepla ve stavebních konstrukcích. Se šířením tepla prouděním se setkáváme u kapalných a plyných látek, kde mají vliv přirozené a vynucené proudění. Přirozené vzniká přemísťováním molekul v důsledku vyrovnávání teplot, vynucené proudění je způsobováno vnějšími vlivy např. čerpadlem či ventilátorem. U sálavého přenosu tepla se v podstatě jedná o elektromagnetické záření, převážně na vlnové délce infračerveného záření. „Infračervené záření má frekvence menší než světlo – řádově od 10¹² Hz do 10¹⁴ Hz, jeho vlnové délky jsou asi od 800 nm do 400 μm.“ (Svoboda, 1991, str. 285) Elektromagnetické záření vydává každé těleso s teplotou vyšší než 0 K (Kulhánek, 2003).

Během zimního období musí veškeré konstrukce v prostorech s relativní vlhkostí vzduchu v interiéru $\varphi_1 \leq 60 \%$ vykazovat povrchovou teplotu θ_{si} [°C] v celé místnosti podle vztahu (3.1), nejnižší požadovaná hodnota vnitřní povrchové teploty vychází ze vztahu (3.2):

$$\theta_{si} \geq \theta_{si,N} \quad (3.1)$$

kde:

$\theta_{si,N}$ je nejnižší požadovaná hodnota vnitřní povrchové teploty [°C]

$$\theta_{si,N} = \theta_{si,cr} + \Delta\theta_{si} \quad (3.2)$$

kde:

$\theta_{si,cr}$ je vnitřní kritická povrchová teplota [°C]

$\Delta\theta_{si}$ je bezpečnostní teplotní přírůstek [°C]

Hodnoty $\theta_{si,cr}$ vycházejí z výpočtů uvedených v ČSN 73 0540-4, přehledová tabulka hodnot je pak uvedena v tabulce, která je součástí ČSN 73 0540-3. Hodnoty $\Delta\theta_{si}$ pro stavební konstrukce vycházejí z tabulky II, tabulky pro stavební otvory vycházejí z tabulky III (ČSN 73 0540-2, 2011).

Teplotní faktor

Od roku 2007 se nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce hodnotí jako teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} [-]. Tento faktor není závislý na teplotách okolního prostředí a lze ho tedy považovat za konstantní hodnotu u dané konstrukce. Splnění podmínky teplotního faktoru minimalizuje riziko vzniku kondenzace na povrchu konstrukce a vzniku plísní (Lokaj, 2010).

Tab. II Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi, cr}$ pro návrhovou relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50 \%$

Zdroj: ČSN 73 0540-2 (2011)

Konstrukce	Návrhová teplota vnitřního vzduchu θ_{si} [°C]	Návrhová venkovní teplota θ_e [°C]								
		-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21
		Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi, cr}$								
Stavební konstrukce	20,0	0,748	0,746	0,744	0,751	0,757	0,764	0,770	0,776	0,781
	20,3	0,750	0,747	0,745	0,752	0,759	0,765	0,771	0,777	0,782
	20,6	0,751	0,749	0,747	0,754	0,760	0,766	0,772	0,778	0,783
	20,9	0,753	0,751	0,748	0,755	0,762	0,768	0,773	0,779	0,784
	21,0	0,753	0,751	0,749	0,756	0,762	0,768	0,774	0,779	0,785
Výplň otvoru podle 3.4	20,0	0,647	0,648	0,649	0,649	0,650	0,650	0,650	0,650	0,650
	20,3	0,649	0,650	0,651	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652	0,651
	20,6	0,652	0,653	0,653	0,654	0,654	0,654	0,654	0,654	0,653
	20,9	0,654	0,655	0,655	0,656	0,656	0,656	0,656	0,655	0,655
	21,0	0,655	0,656	0,656	0,656	0,657	0,657	0,656	0,656	0,655

Tab. III Teplota odpovídající kritickému teplotnímu faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi, cr}$ pro návrhovou relativní vlhkost vnitřního vzduchu $\varphi_i = 50 \%$

Zdroj: ČSN 73 0540-2 (2011)

Konstrukce	Návrhová teplota vnitřního vzduchu θ_{si} [°C]	Návrhová venkovní teplota θ_e [°C]								
		-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21
		Teplota odpovídající kritickému teplotnímu faktoru vnitřního povrchu $f_{Rsi, cr}$								
Stavební konstrukce	20,0	11,68	11,36	11,04	11,02	11,02	11,02	11,02	11,02	11,02
	20,3	11,98	11,62	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30	11,30
	20,6	12,23	11,92	11,59	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58	11,58
	20,9	12,53	12,21	11,85	11,86	11,86	11,86	11,86	11,86	11,86
	21,0	12,60	12,29	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96
Výplň otvoru podle 3,4	20,0	8,35	8,03	7,72	7,36	7,05	6,70	6,35	6,00	5,65
	20,3	8,61	8,30	7,98	7,67	7,32	6,97	6,62	6,28	5,89
	20,6	8,91	8,59	8,25	7,94	7,59	7,24	6,90	6,55	6,16
	20,9	9,17	8,86	8,51	8,21	7,86	7,52	7,17	6,79	6,44
	21,0	9,27	8,96	8,62	8,27	7,97	7,62	7,24	6,90	6,51

Součinitel prostupu tepla

Místem výměny tepla mezi konstrukcí a okolním prostředím je mezní neboli povrchová vrstva. Probíhající výměna tepla je označována za prostup tepla, ke kterému dochází z obou stran konstrukce; jak z vnější, tak z vnitřní strany, a je nutné proto tyto prostupy odlišovat. Součinitel prostupu tepla u konstrukcí sdružuje dvě složky, a to součinitel tepla při sálení a součinitel prostupu tepla při proudění. Součinitel prostupu tepla při sálení udává intenzitu, hustotu, tepelného toku, jež přestupuje z okolního vzduchu do konstrukce, kdy je rozdíl teplot 1. Odpor při prostupu tepla je udáván jako:

$$\text{interiér } R_i = \frac{1}{\alpha_i} \quad \text{exteriér } R_e = \frac{1}{\alpha_e} \quad (3.3)$$

kde:

R je odpor při přestupu tepla [$m^2 \times K \times W^{-1}$]

α je součinitel přestupu tepla [$W \times m^{-2} \times K^{-1}$]

Vzorečky (3.3) pro výpočet odporu při prostupu tepla a jeho převrácená hodnota vyjadřující součinitel prostupu tepla jsou využívány při výpočtech pro stavební konstrukce, jejichž výsledky jsou porovnávány s normou (Kulhánek, 2003).

Lineární činitel prostupu tepla

Veličina udává množství navýšení tepelného toku v místě tepelného mostu. Tepelný tok je v těchto oblastech ovlivněn změnou vlastností materiálů a jejich geometrií (Lokaj, 2010).

3.6.1.2 Difúzní a průvzdušné požadavky

Difúze vodních par je způsobena rozdílnými částečnými tlaky vodní páry ve dvou prostředích, která jsou oddělena stavební konstrukcí. Pokud jsou tyto tlaky rozdílné, dochází k pohybu vlhkosti od místa s vyšším parciálním tlakem vodní páry do míst s menším tlakem, podobně jako u vedení tepla. Právě mezi vedením tepla a difúzí vodních par je podobnost, což má za důsledek, že mnoho vztahů a výrazů je mezi difúzí a vedením tepla analogická. Kromě prostupu vodních par stěnami se řeší i difúze vodní páry spárami a otvory (Kulhánek, 2003).

Většina současných panelových konstrukcí s dřevěným rámem je u nás realizována se skladbou obvodové stěny obsahující parozábranu, jež celou konstrukci difúzně uzavře. Avšak narůstá množství i tzv. difúzně otevřených rámových skladeb, kde využití parozábrany není žádoucí (Vaverka, 2008).

Parozábrana s nutným odporem se obecně musí spojit s venkovními vrstvami. Nutný difúzní odpor je důležité uvážit zvláště pokud je staticky účinný plášť ve skladbě stěny z venkovní strany tepelně izolační vrstvy. U běžné skladby panelu s dřevěným rámem je dostačující parozábrana s malým odporem. I tento odpor je však nutné přizpůsobit konstrukci, aby byla zajištěna správná migrace vodní páry z interiéru do exteriéru. V současné době jsou některé skladby normovány [norma SIA 180 (švýcarské normy)] a není nutné je posuzovat. Difúzní vrstvu je nutné zvlášť řešit ve vlhkých prostorech a u přechodů jednotlivých konstrukcí. Jako vhodné materiály na parozábrany mohou být použity PA-fólie a parozábrany adaptivní vlhkosti. Jako neprůvzdušná vrstva i jako difúzní vrstva mohou být v ploše použity jak vhodné deskové materiály, tak fólie. Fólie jsou však vždy nutné v detailech napojení konstrukcí a v místech napojení výplní stavebních otvorů. Důležité je dbát na neporušenost vrstev (Kolb, 2008).

Pro součinitel průvzdušnosti funkčních spár výplní otvorů z této normy plyne podmínka (3.4):

$$i_{LV} \leq i_{LV,N} [m^3(s \times m \times Pa^{0,67})] \quad (3.4)$$

kde:

$i_{LV,N}$ je požadovaná hodnota součinitele spárové průvzdušnosti [$m^3/(s \times m \times Pa^{0,67})$], vycházející z tabulky IV (ČSN 73 0540-2, 2011).

Tab. IV Požadované hodnoty součinitele spárové průvzdušnosti

Zdroj: ČSN 73 0540-2 (2011)

Funkční spára ve výplni otvoru	Požadovaná hodnota třídy průvzdušnosti	
	Budova s větráním přirozeným nebo kombinovaným	Budova s větráním výlučně nuceným
Lehký obvodový plášť	LP1	LP2

Třídy LP1 a LP2 vycházejí z normy ČSN EN 12152 v závislosti na délce spáry.

Celková průvzdušnost obvodového pláště budovy

Může se zjišťovat jak u celé konstrukce, tak u ucelené části budovy. Zjišťování může probíhat pomocí celkové intenzity výměny vzduchu (n_{50}) probíhající při rozdílu tlaku 50 Pa za hodinu [h^{-1}]. Toto experimentální řešení vychází z ČSN EN ISO 13829. Podmínka (3.5) pro splnění celkové průvzdušnosti obvodového pláště budov udává:

$$n_{50} \leq n_{50,N} \quad (3.5)$$

kde:

$n_{50,N}$ je doporučená hodnota intenzity celkové vzduchové výměny 50 Pa [h^{-1}], vycházející z tabulky V.

Tab. V Hodnoty intenzity celkové výměny vzduchu

Zdroj: ČSN 73 0540-2 (2011)

Větrání v budově	Doporučená hodnota celkové intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ [h^{-1}]	
	Úroveň I	Úroveň II
Přirozené nebo kombinované	4,5	3,0
Nucené	1,5	1,2
Nucené se zpětným získáváním tepla	1,0	0,8
Nucené se zpětným získáváním tepla v budovách se zvláště nízkou potřebou tepla na vytápění (pasivní budovy)	0,6	0,4

Průvzdušnost místností je rozdílná podle využívanosti a je stanovena pro zimní období. U nevyužívaných místností je nejnižší intenzita výměny vzduchu $n_{min,N} = 0,1h^{-1}$. U využívaných místností je n určené vztahem (3.6):

$$n_N \leq n \leq 1,5 n_N \quad (3.6)$$

kde:

n_N je požadovaná intenzita vzduchové výměny.

Hodnota se přepočítává z minimálního množství potřebného čerstvého vzduchu v užívané místnosti vypsány ve zvláštních předpisech (ČSN 73 0540-2, 2011).

3.6.1.3 Vlhkostní požadavky

Podle ČSN 73 1702, vycházející z EUROKÓDU 5, jsou rozlišovány tři třídy použití dřeva vzhledem k jeho vlhkosti:

a) Třída použití 1

Do této skupiny patří stavební dřevěné prvky, jejichž vlhkost odpovídá teplotě 20 °C a relativní vlhkost vzduchu prostředí překračující hodnotu 65 % pouze několik týdnů v roce.

b) Třída použití 2

Tato skupina zahrnuje takové dřevěné prvky, jejichž vlhkost odpovídá teplotě 20 °C a relativní vlhkost vzduchu okolí překračuje hodnotu 85 % pouze několik týdnů v roce.

c) Třída použití 3

Tuto skupinu charakterizují klimatické podmínky vedoucí k vyšší vlhkosti než ve *Třídě použití 2*. Jedná se o konstrukce vystavené povětrnosti (Vaverka, 2008).

Zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce

Zkondenzovaná vodní pára je označována G_k [kg/(m²·a)]. U stavebních konstrukcí, kde by zkondenzovaná vodní pára mohla uvnitř konstrukce ohrozit její funkčnost, musí být kondenzace nulová. Ohrožením funkčnosti konstrukce je rozuměno snížení doby životnosti, přítomnost hub a plísní, tvarové změny konstrukce a zvýšení hmotnosti konstrukce. Pokud funkce konstrukce není kondenzací vodní páry ohrožena, je celoroční množství zkondenzované vodní páry vyjádřeno podle vztahu (3.7):

$$G_k \leq G_{k,N} \quad (3.7)$$

U jednoplášťové střešní konstrukce, konstrukce s vnějším zateplovacím systémem, u venkovního obkladu, nebo u jiné obvodové konstrukce, která má málo propustnou vnější povrchovou vrstvu, je:

$$G_{k,N}=0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times a)$$

pro ostatní stavební konstrukce platí:

$$G_{k,N}=0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \times a)$$

(ČSN 73 0540-2, 2011).

Roční bilance vypařování a kondenzace vodní páry

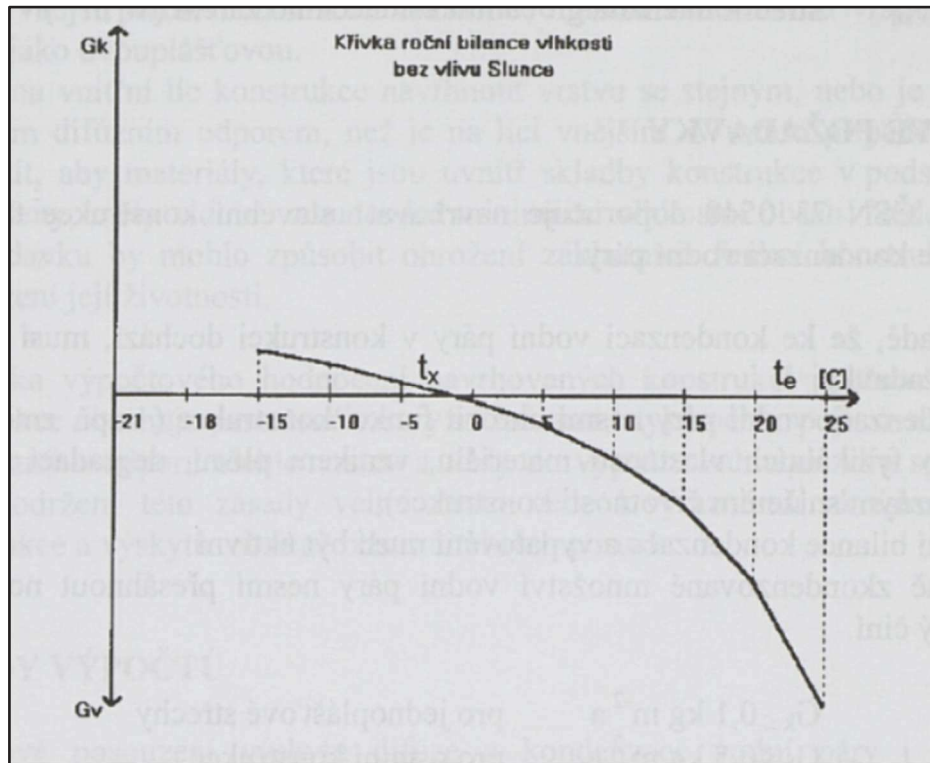
Pokud dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry, je nutné provést výpočet roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry. U výpočtu je zohledňován vliv slunečního záření, takže prováděný výpočet může mít dvě modifikace; s vlivem a bez vlivu slunečního záření. Převážně u dvouplášťových konstrukcí a takových konstrukcí, které jsou proti slunečnímu záření zakryty, je využíván výpočet bez vlivu slunečního záření. Naopak u nezakrytých a jednoplášťových konstrukcí se může do výpočtu sluneční vliv započítat, jedná se převážně o jednoplášťové ploché střechy. Vliv slunečního záření přispívá ke snížení kondenzace par a k jejich zvýšenému odpařování. Hodnoty roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry je možné graficky znázornit (obr. 07) kde jsou na horizontální ose vyneseny hodnoty teplot vnějšího vzduchu, na vertikální ose jsou pak uvedeny hodnoty zkondenzované páry; nad horizontální osou, a množství vypařené páry; pod horizontální osou. „Roční zkondenzované množství G_k je pak sumací kladných dílčích hodnot zkondenzovaného množství vodní páry, ročně vypařené množství vodní páry G_v získáme součtem absolutních hodnot záporných dílčích množství.“ (Kulhánek, 2003, str. 35) Pokud výsledná hodnota splňuje podmínku danou vztahem (3.8),

$$G_k \leq G_v \quad [\text{kg} \times \text{m}^{-2} \times a] \quad (3.8)$$

jedná se o aktivní bilanci, což znamená, že se veškerá zkondenzovaná vlhkost během ročního cyklu vypařila. Naopak pokud výsledná hodnota splňuje podmínku vztahu (3.9)

$$G_k \geq G_v \quad [\text{kg} \times \text{m}^{-2} \times a] \quad (3.9)$$

roční bilance je nazývána pasivní a znamená, že se během ročního cyklu zkondenzovaná pára není schopna v celém rozsahu vypařit (Kulhánek, 2003).



Obr. 07 Roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry

Šíření vlhkosti konstrukcí

Pohyb vodních par skrz konstrukci je směřován z místa s vyšším tlakem vodních par, do míst, kde je tento tlak menší. Při procesu přesunu může dojít ke kondenzaci, zvláště pokud se jedná o vícevrstvou konstrukci. Pokud v konstrukci dojde ke kondenzaci, hrozí znehodnocení materiálů a tvorba plísní. Aby se předešlo kondenzaci vodních par, je nutné navrhnout vhodnou materiálovou skladbu (Lokaj, 2010).

3.6.1.4 Energetická náročnost budov

Požadavky, stanovené pro klasifikaci energetických vlastností konstrukcí budov, mají za úkol především srovnání energetických kvalit s normativními předpisy, případně z jinými ukazateli. Proto podle těchto hodnot nelze stanovovat reálnou spotřebu energie na vytápění. Energetické vlastnosti budovy jsou hodnoceny buď dle ČSN 73 0540-1, nebo dle Vyhlášky č. 291 MPO. Po hodnocení je budova označena průkazem energetické náročnosti budovy (obr. 08). Celková tepelná charakteristika budovy se získává výpočtem, kdy hodnota udává tepelnou ztrátu 1 m³ vnitřního prostoru, danou pro jednotnou úroveň vnějších klimatických podmínek a následně vztaženou k jednotkovému rozdílu vnitřní a vnější výpočtové teploty [$W \times m^{-3} \times K^{-1}$]. Na optimální návrh objektu z hlediska jeho energetických vlastností je třeba brát v úvahu samotné umístění, lokalitu,

stavby, dále geometrické uspořádání daného objektu a jeho dispoziční řešení (Kulhánek, 2003).

Vyjadřuje požadavek na úsporu energie při vytápění budovy jejím konstrukčním řešením. Je dána měrnou potřebou tepla na vytápění budov e_v [kWh/m³·a], vycházející ze zvláštního předpisu; vyhláška MPO č, 291/2001 Sb. Splnění požadavků e_v se týká:

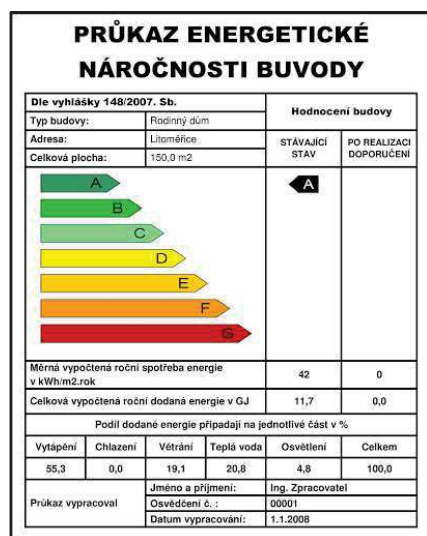
- budov určených vyhláškou MPO č, 291/2001 Sb.
- novostaveb ostatních budov

Měrná tepelná potřeba na vytápění budov e_v se doporučuje split i u rekonstrukce budov nespádající do vyhlášky MPO č, 291/2001 Sb. je-li to ekonomicky vhodné a technicky splnitelné, s ohledem na životnost a provoz budovy (ČSN 73 0540-2, 2011).

Tab. VI Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy

Zdroj: ČSN 73 0540-2 (2011)

Klasifikační třídy	Kód barvy (CMYK)	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em} [W/(m ² ·K)]	Slovní vyjádření klasifikační třídy	Klasifikační ukazatel CI
A	X0X0	$U_{em} \leq 0,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi úsporná	⇔ 0,5 ⇔ 0,75 ⇔ 1,0 ⇔ 1,5 ⇔ 2,0 ⇔ 2,5
B	70X0	$0,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 0,75 \cdot U_{em,N}$	Úsporná	
C	30X0	$0,75 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq U_{em,N}$	Vyhovující	
D	00X0	$U_{em,N} < U_{em} \leq 1,5 \cdot U_{em,N}$	Nevyhovující	
E	03X0	$1,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,0 \cdot U_{em,N}$	Nehospodárná	
F	07X0	$2,0 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi nehospodárná	
G	0XX0	$U_{em} > 2,5 \cdot U_{em,N}$	Mimořádně nehospodárná	



Obr. 08 Průkaz energetické náročnosti budovy

4 Metodika

Problematika výstavby obytných budov pomocí panelů s dřevěným rámem mě zaujala již na střední škole. Myslím si, že tento systém výstavby je perspektivní pro budoucí výstavbu s tlakem na trvale udržitelný rozvoj. S tím souvisí energetické náklady na provoz rodinného domu, což mě přivedlo k volbě tématu bakalářské práce

Nejprve jsem provedl teoretický rozbor dané problematiky, podle kterého jsem následně vybral jednu skladbu konstrukčního systému dostupného na internetu.

Stávající skladbu jsem hodnotil v softwaru Teplo 2017, za účelem zjištění hodnoty součinitele prostupu tepla, který byl porovnán s ČSN 73 0540. Pomocí skladby jsem v softwaru Area 2017 vytvořil konstrukční detail rohového napojení obvodové stěny. Daným programem byly v detailu řešeny parametry teplotního faktoru, šíření vlhkosti konstrukcí a lineární činitel tepla.

Po vyhodnocení jsem stávající konstrukci optimalizoval a podrobil stejnému početnímu procesu. Výstupní hodnoty jsem mezi sebou vzájemně porovnal. Na internetu jsem našel dostupné skladby pro jiné konstrukční systémy dřevostaveb, které jsem také vyhodnotil a vzájemně porovnal.

5 Panel s dřevěným rámem

V této kapitole bude popsána konstrukční skladba stávajícího panelu s dřevěným rámem, která bude následně hodnocena z pohledu stavební fyziky. Tato konstrukce bude dále optimalizována a opět hodnocena. Obě skladby budou posuzovány při stejných okrajových podmínkách, které jsou popsány v tabulce VII *Okrajové podmínky*, tyto podmínky odpovídají lokalitě Praha. Stavebně fyzikální vlastnosti budou nejprve hodnoceny pomocí programu Teplo 2017, ve kterém budou řešeny konstrukční skladby a výstupem bude vypočítaná hodnota prostupu tepla konstrukcí. Dalším použitým programem bude Area 2017, ve které budou řešeny konstrukční detaily, jejichž výstupem budou vypočítané hodnoty požadavků na teplotní faktor, šíření vlhkosti konstrukcí a na lineární součinitel prostupu tepla. Vypočítané hodnoty budou porovnány s ČSN 73 0540. Celé výstupní protokoly pro řešené konstrukce budou uvedeny v přílohách této práce.

Tab. VII Okrajové podmínky

Parametr	Hodnota
Návrhová vnitřní teplota T_i	20 °C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai}	21 °C
Návrhová venkovní teplota T_{ae}	-13 °C
Relativní vlhkost v interiéru RH_i	50 %
Relativní vlhkost vzduchu v exteriéru Fie	84 %

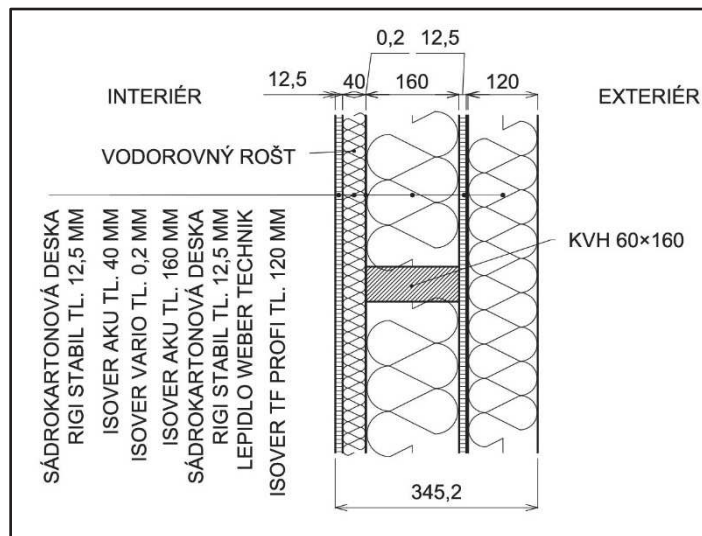
5.1 Stávající řešení

Zde je uvedena materiálová skladba panelu s dřevěným rámem, se kterou je dále pracováno v softwarech uvedených v kapitole 5 Panel s dřevěným rámem.

5.1.1 Popis skladby konstrukce

Nosné prvky jsou tvořeny KVH hranoly s průřezem 60×160 mm, které slouží jako nosné prvky, s osovou vzdáleností 625 mm, stejné hranoly jsou používány i na vodorovné pruty. Rám je vyplněný tepelnou a zvukovou izolací z minerální vlny, z vnější strany je rám opláštěný sádkartonovou deskou tl. 12,5 mm pro mechanicky namáhané spoje, která plní funkci staticky účinného pláště. Na tuto vrstvu navazuje vrstva tepelné izolace z minerální vlny tl. 120 mm, která je pohledově upravena vnější malbou. Z interiérové

strany je rám opláštěn parobrzdnou fólií, následně překrytu 40 mm tlustou vrstvou izolace z minerální vlny, která je umístěna mezi vodorovný rošt z KVH hranolů o průřezu 40×60 mm, a spolu tvoří instalační předstěnu, která je uzavřena sádrokartonovou deskou tl. 12,5 mm. Tato skladba s celkovou tloušťkou 355 mm je znázorněna na obrázku 09. Nejvyšší stupeň prefabrikace, kterého lze u tohoto systému dosáhnout (viz kapitola 3.3), je čtvrtý stupeň. Konstrukční spoje nosných dřevěných prvků jsou prováděny mechanickými spojovacími prostředky, stejně jako kotvení izolačních materiálů.

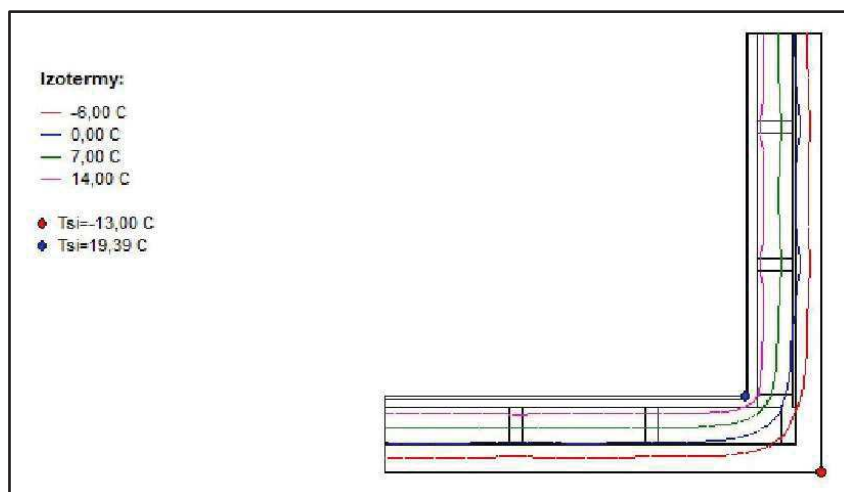


Obr. 09 Panel s dřevěným rámem

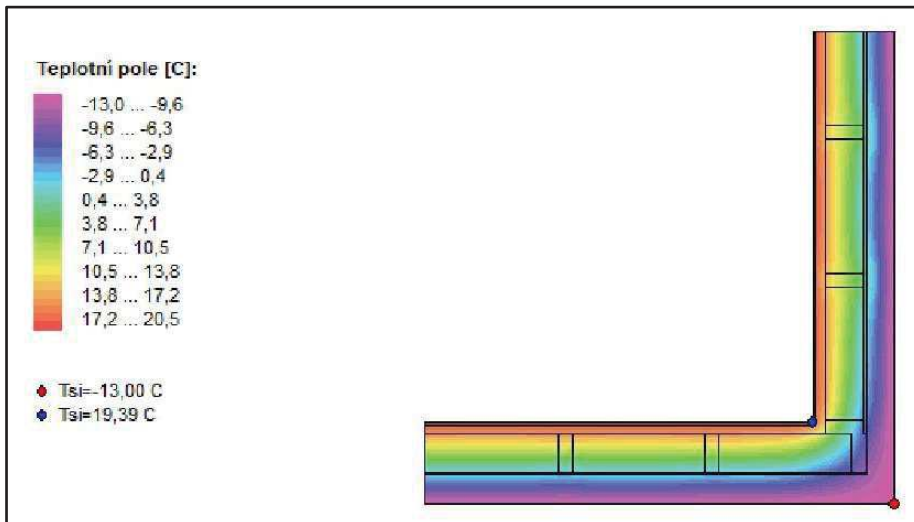
Tab. VIII Prostup tepla panelem s dřevěným rámem

Skladba	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti
Materiály	d (m)	λ ($\text{W}\times\text{m}^{-1}\times\text{K}^{-1}$)
RigiStabil	0,0125	0,142
Isover Aku / KVH	0,0400	0,049
Isover Vario	0,0002	0,350
Isover Aku / KVH	0,1600	0,051
RigiStabil	0,0125	0,142
Isover TF Profi	0,1200	0,038
Celková tloušťka (m)	0,3452	
U_T ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) vypočtená hodnota konstrukce	0,134	
$U_{N,20}$ ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) standardní budovy požadovaná hodnota	0,30	
$U_{rec,20}$ ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) standardní budovy doporučená hodnota	těžká: 0,25	lehká: 0,20
$U_{pas,20}$ ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) pasivní budovy doporučená hodnota	0,18 – 0,12	

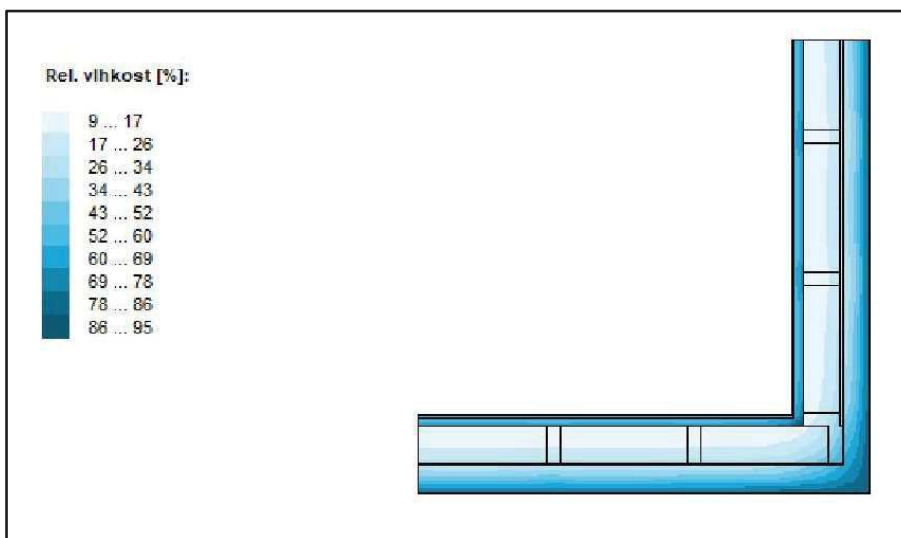
V tabulce VIII *Prostup tepla panelem s dřevěným rámem*, vycházející ze softwaru Teplo 2017, jsou definovány materiály s jejich tloušťkou a jmenovitým součinitelem tepelné vodivosti. Pokud je v jedné vrstvě více materiálů (nosná vrstva a instalační předstěna), jsou započítány systematické tepelné mosty. Z těchto hodnot je vypočítána hodnota součinitele prostupu tepla $U_T = 0,134 \text{ W}\times\text{m}^{-1}\times\text{K}^{-1}$. V porovnání s ČSN 73 0540 z této hodnoty vyplývá, že skladba je vhodná pro pasivní budovy.



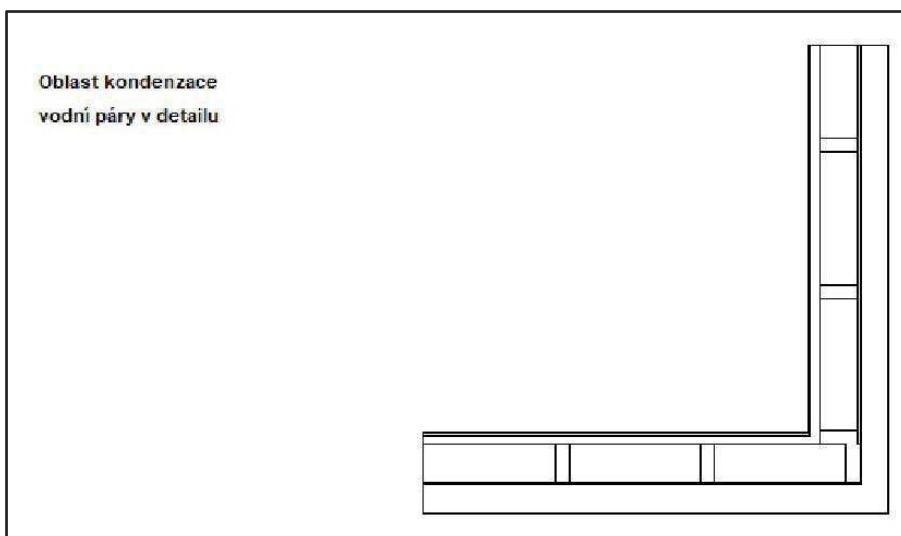
Obr. 10 Izotermy panelu s dřevěným rámem



Obr. 11 Teplotní pole panelu s dřevěným rámem



Obr. 12 Relativní vlhkost panelu s dřevěným rámem



Obr. 13 Oblast kondenzace panelu s dřevěným rámem

Tab. IX Porovnání s ČSN 73 0540-2 panel s dřevěným rámem

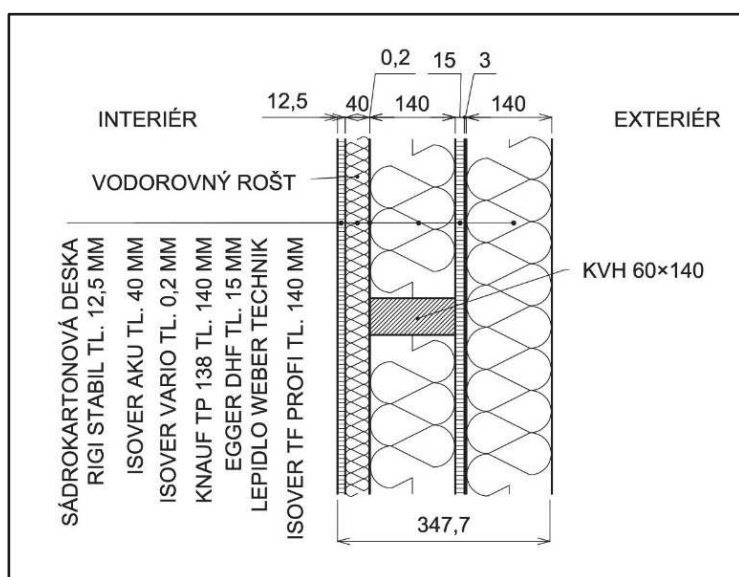
Požadavek na teplotní faktor				
Typ hodnoceného povrchu / Typ prostoru	Exteriérová teplota (°C)	Teplotní faktor (-)		
Neprůsvitná stavební konstrukce / Ostatní prostory	-13	Vypočtená hodnota f_{Rsi} (-)	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ (-) pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
		0,900	0,753	splněno
Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí				
Požadavky				Požadavek splněn / nesplněn
Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce				splněno
Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu				splněno
Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m ² .rok				nehodnoceno pro detaily
Požadavek na lineární činitel tepla				
Typ lineární tepelné vazby	Lineární činitel prostupu tepla (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)			
	Vypočtená hodnota z vnějších rozměrů ψ_e (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Požadovaná hodnota ψ_N (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota ψ_{rec} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota pro pasivní budovy ψ_{pas} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
Vnější stěna navazující na jinou konstrukci s výjimkou výplně otvoru	-0,114	0,20	0,10	0,05
		splněno	splněno	splněno

Na grafickém výstupu z programu Area 2017 (Obr. 10) jsou znázorněny izotermy pro dané teploty, které zobrazují, jaké teplotě musí odolávat materiály v jednotlivých vrstvách, pokud jsou podmínky na stranách konstrukce dány tabulkou VII *Okrajové podmínky*. Obrázek 11 zobrazuje postupnou změnu tepla v konstrukcích a zónu rosného bodu. Na obrázku 12 jsou zobrazeny zóny s relativní vlhkostí. Tyto hodnoty jsou důležité pro vyhodnocování míry ohrožení dřevěných prvků v konstrukci, písemné vyhodnocení je v tabulce IX. Na následujícím obrázku (Obr. 13) jsou znázorněna místa, ve kterých může docházet ke kondenzaci plynné vlhkosti procházející konstrukcí. Z obrázku je patrné, že ke kondenzaci při této materiálové skladbě nedochází.

Hodnoty vypočítané softwarem Area 2017 jsou uvedeny a porovnány s ČSN 73 0540 v tabulce IX. Zde můžeme vidět, že jsou veškeré řešené podmínky, kladené na skladbu ze stavebně-fyzikálního hlediska, pro funkčnost konstrukce splněny.

5.2 Optimalizace

Optimalizace skladby se týká jak změny některých materiálů, tak jejich tloušťek. Konkrétně se jedná o změnu tloušťky hlavní nosné vrstvy ze 160 mm na 140 mm, kdy spolu s tímto byl změněn i průřez KVH hranolu na 60×140 mm. Izolační výplň byla změněna na Knauf TP 138. Jako staticky účinný plášť je z vnější strany rámu použita deska Egger DHF s tloušťkou 15 mm. Vnější dodatečná izolace je ze stejného materiálu jako v kapitole 5.1.1, ale byla zvětšena ze 120 mm na 140 mm. Skladba směrem do interiéru; instalační předstěna, zůstala nezměněna. Skladba je znázorněna na obrázku 14.

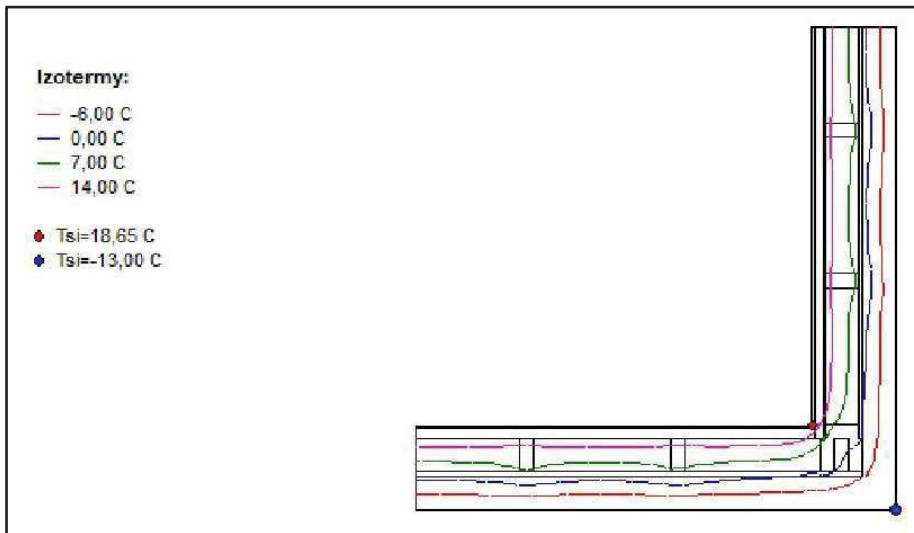


Obr. 14 Optimalizovaná skladba

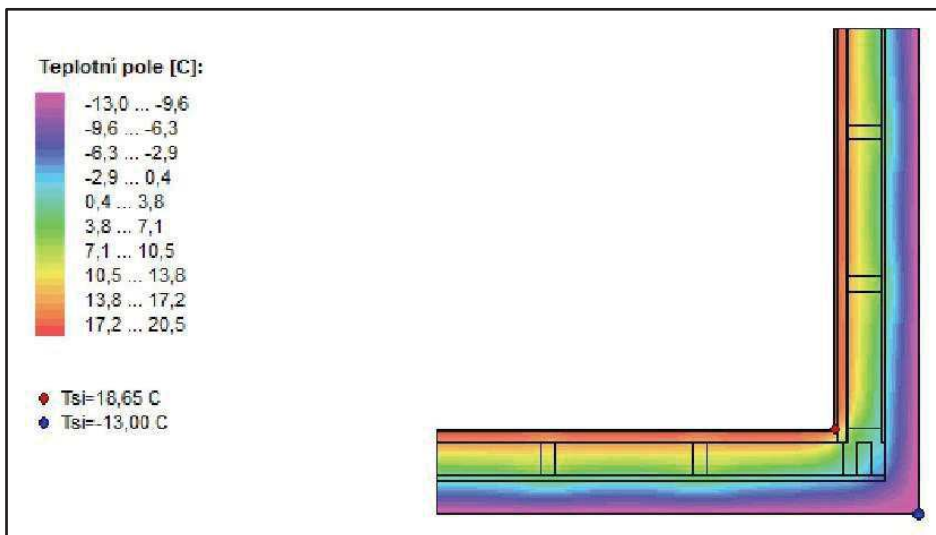
Tab. X Prostup tepla optimalizovaným panelem s dřevěným rámem

Skladba	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti
Materiály	d (m)	λ ($\text{W}\times\text{m}^{-1}\times\text{K}^{-1}$)
RigiStabil	0,0125	0,142
Isover Aku / KVH	0,0400	0,060
Isover Vario	0,0002	0,350
Knauf TP 138 / KVH	0,1400	0,048
Egger DHF	0,0150	0,100
Isover TF Profi	0,1400	0,038
Celková tloušťka (m)	0,3477	
U_T ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) vypočtená hodnota konstrukce	0,130	
$U_{N,20}$ ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) standardní budovy požadovaná hodnota	0,30	
$U_{rec,20}$ ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) standardní budovy doporučená hodnota	těžká: 0,25	lehká: 0,20
$U_{pas,20}$ ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) pasivní budovy doporučená hodnota	0,18 – 0,12	

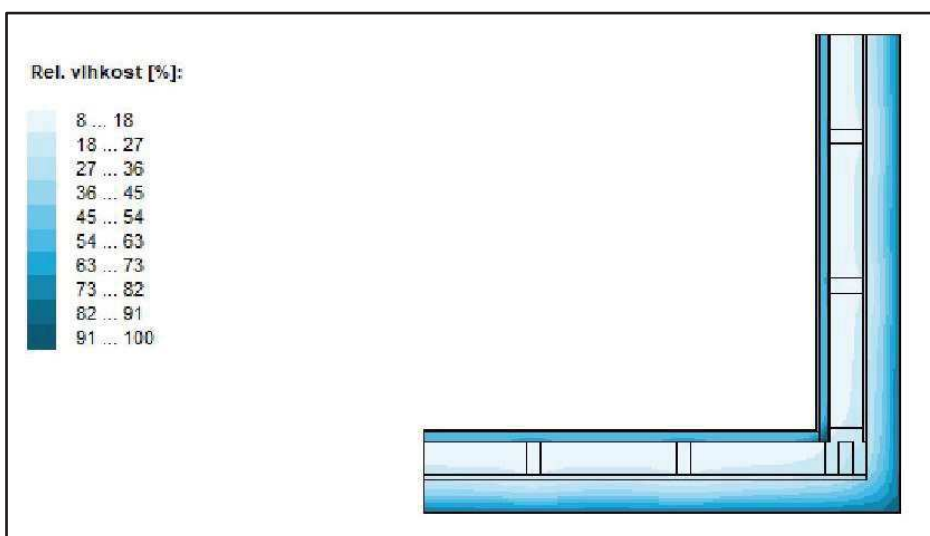
Podle hodnot z tabulky X *Prostup tepla optimalizovaným panelem s dřevěným rámem* je tato nová skladba z hlediska prostupu tepla vhodná pro pasivní domy. Součinitel prostupu tepla má po změně materiálů a při zachování okrajových podmínek hodnotu $U_T=0,130 \text{ W}\times\text{m}^{-1}\times\text{K}^{-1}$. Konstrukce má tedy oproti předcházející hodnotu součinitele prostupu teple lepší o $0,004 \text{ W}\times\text{m}^{-1}\times\text{K}^{-1}$. Celková tloušťka stěny je oproti stávající větší o 2,5 mm kvůli použité desce na staticky účinný plášť.



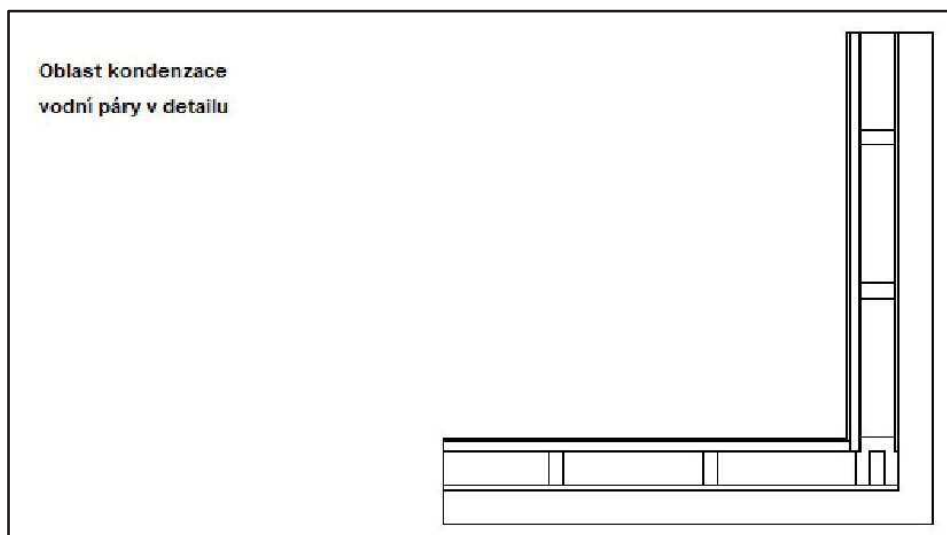
Obr. 15 Izotermie optimalizovaného panelu s dřevěným rámem



Obr. 16 Teplotní pole optimalizovaného panelu s dřevěným rámem



Obr. 17 Relativní vlhkost optimalizovaného panelu s dřevěným rámem



Obr. 18 Oblast kondenzace optimalizovaného panelu s dřevěným rámem

Na obrázku 16 jsou zobrazeny izotermy daných teplot pro okrajové podmínky z tabulky VII *Okrajové podmínky*. Obrázek 16 zobrazuje průběžné teploty v konstrukci, také jsou zobrazeny body s nejvyšší a nejnižší teplotou. Na obrázku 17 jsou vidět oblasti s různými relativními vlhkostmi, kde je oproti obrázku 12 patrné, že rohový dřevěný sloupek není tolik ohrožovaný vlhkostí, díky silnější dodatečné izolaci. Podle obrázku 18 jsou ve skladbě zvolené vhodné materiály, protože v konstrukci nedochází ke kondenzaci vodní páry.

V tabulce XI jsou vypočítané hodnoty optimalizované skladby a jsou porovnána s ČSN 73 0540. Vypočítané hodnoty splňují dané požadavky.

Tab. XI Porovnání s ČSN 73 0540-2 optimalizovaný panel s dřevěným rámem

Požadavek na teplotní faktor				
Typ hodnoceného povrchu / Typ prostoru	Exteriérová teplota (°C)	Teplotní faktor (-)		
Neprůsvitná stavební konstrukce / Ostatní prostory	-13	Vypočtená hodnota f_{Rsi} (-)	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ (-) pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
		0,968	0,753	splněno
Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí				
Požadavky				Požadavek splněn / nesplněn
Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce				splněno
Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu				splněno
Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m ² .rok				nehodnoceno pro detaily
Požadavek na lineární činitel tepla				
Typ lineární tepelné vazby	Lineární činitel prostupu tepla (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)			
	Vypočtená hodnota z vnějších rozměrů ψ_e (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Požadovaná hodnota ψ_N (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota ψ_{rec} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota pro pasivní budovy ψ_{pas} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
Vnější stěna navazující na jinou konstrukci s výjimkou výplně otvoru	-0,073	0,20	0,10	0,05
		splněno	splněno	splněno

5.3 Srovnání

Panel má po optimalizaci o 2,5 mm větší šířku kvůli použité DHF desce, která má oproti desce RigiStabil vhodnější hodnotu difúzního odporu, což lépe umožňuje průchod vzdušné vlhkosti konstrukcí z interiéru do exteriéru.

V nosné vrstvě skladby došlo ke snížení tloušťky o 20 mm a změně materiálu tepelné izolace. Změněná tepelná izolace má lepší hodnotu součinitele tepelné vodivosti, takže je možné používat menší vrstvu této izolace. Aby však skladba splňovala požadavky pro pasivní domy, byla přidána dodatečná izolace, u které byl zachován materiál, ale její tloušťka byla zvětšena o 20 mm. Tím se sice tloušťka konstrukce nezměnila, ale došlo ke snížení vlivu systematických tepelných mostů.

6 Diskuze

V této kapitole budou nejprve uvedeny další systém dřevostaveb a jejich skladby dostupné na internetu. Tyto skladby budou hodnoceny stejně jako skladby v kapitole 5, se stejnými okrajovými podmínkami, uvedenými v tabulce VII. Vypočítané hodnoty budou vzájemně porovnány. Systémy pro porovnání jsou:

6.1 SIPs panel

6.2 CLT panel

6.3 Roubená konstrukce

6.4 Prefabrikované tvarovky

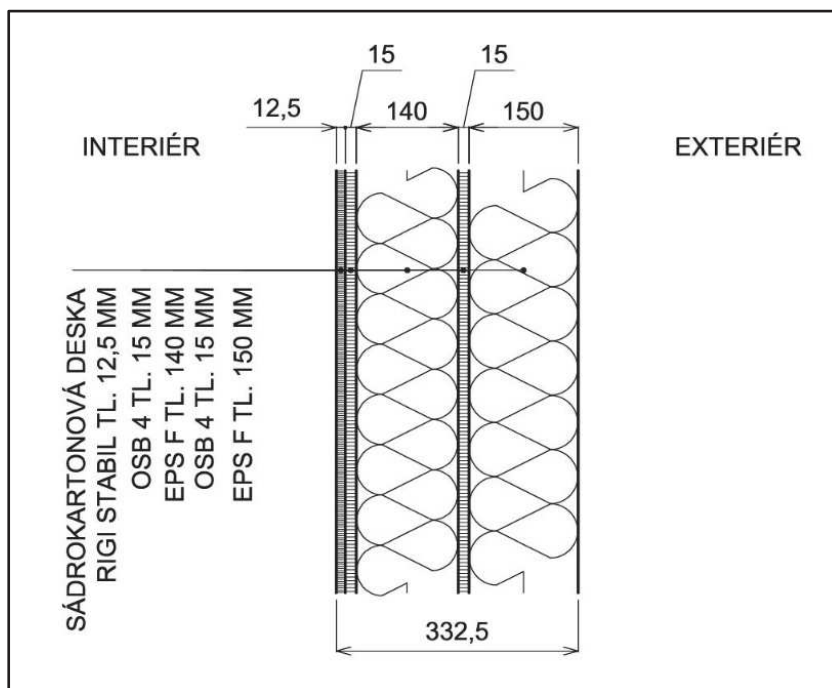
6.5 Těžký skelet

6.6 Lehký skelet

Výstupní protokoly pro řešené konstrukce budou uvedeny v přílohách této práce.

6.1 SIPs panel

První zvolený systém je tvořený izolovanými panely s dodatečnou vnější izolací. Jako izolační materiál je použit extrudovaný polystyren tl. 170 mm, oboustranně opláštěný OSB deskami, dohromady tvořící základní nosný panel s šířkou jednoho panelu 1250 mm. Jako dodatečná izolace slouží další vrstva extrudovaného polystyrenu s tloušťkou 150 mm. Z interiérové strany jsou na panel ukotveny sádrovláknité desky. Interiérové i exteriérové plochy tak jsou připraveny pro jakoukoli běžně používanou úpravu. Jednotlivé panely jsou spojovány spojovacím panelem tak, aby bylo co nejvíce zamezeno vzniku tepelných mostů, které by mohly vznikat použitím rostlého dřeva při spojování. Přesto, že se dřevěné prvky v konstrukci vyskytují, není jich více než 20 %. Skladba je zobrazena na obrázku 19. Spojení jednotlivých konstrukčních celků je prováděno mechanickými spojovacími prostředky. Nejvyšší možný stupeň prefabrikace je třetí.

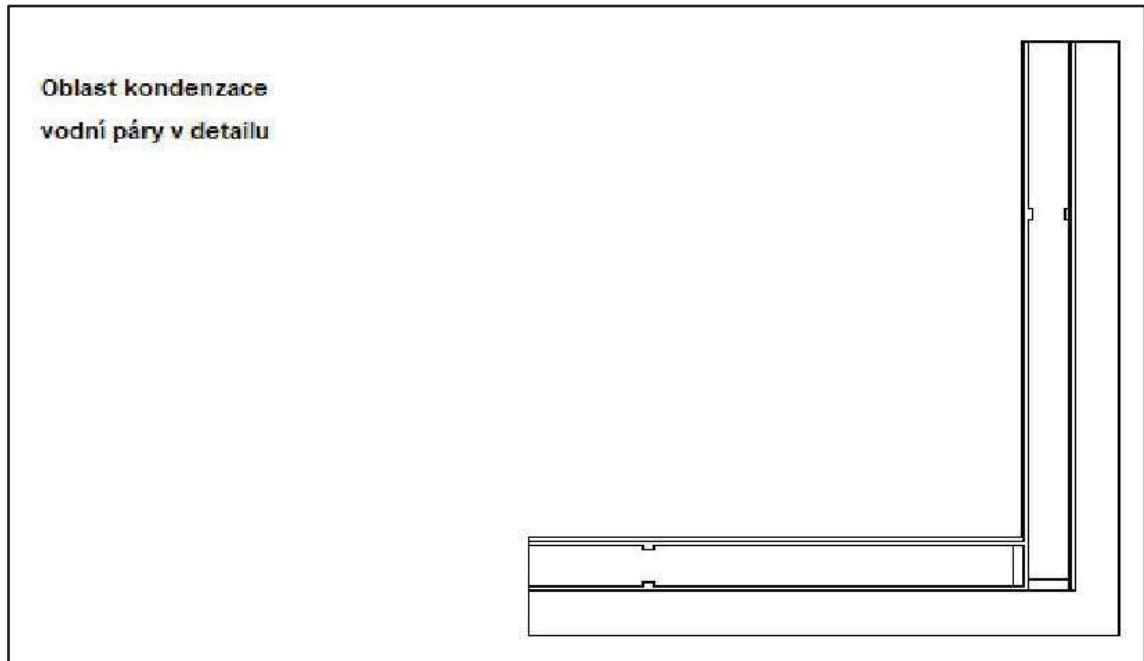


Obr. 19 SIPs panel

Tab.XII Prostup tepla SIPs panelem

Stávající konstrukce	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti
Materiály	d (m)	λ ($W \times m^{-1} \times K^{-1}$)
RigiStabil	0,0125	0,142
Egger OSB4 TOP	0,0150	0,130
Isover EPS 100	0,1700	0,048
Egger OSB4 TOP	0,0150	0,130
Isover EPS 150	0,1500	0,035
Celková tloušťka (m)	0,3625	
U_T ($W \times m^{-2} \times K^{-1}$) vypočtená hodnota konstrukce	0,120	
$U_{N,20}$ ($W \times m^{-2} \times K^{-1}$) standardní budovy požadovaná hodnota	0,30	
$U_{rec,20}$ ($W \times m^{-2} \times K^{-1}$) standardní budovy doporučená hodnota	těžká: 0,25	lehká: 0,20
$U_{pas,20}$ ($W \times m^{-2} \times K^{-1}$) pasivní budovy doporučená hodnota	0,18 – 0,12	

V tabulce XII *Prostup tepla SIPs panelem* je skladba systému hodnocena v programu Teplo 2017, kde jsou započítané i systematické tepelné mosty, které se nacházejí v místě napojení dvou panelů přes panel spojovací, ve vrstvě vnitřní izolace Isover EPS 100. Vypočítaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_T=0,120 \text{ W}\times\text{m}^{-1}\times\text{K}^{-1}$, což po porovnání hodnoty s normou vypovídá o vhodnosti skladby pro pasivní domy. Na obrázku 20 není viditelná žádná oblast, ve které by docházelo ke kondenzaci vodní páry, zhodnocení podle výsledku z použitého softwaru je uvedeno v tabulce XIII.



Obr. 20 Oblast kondenzace SIPs panelu

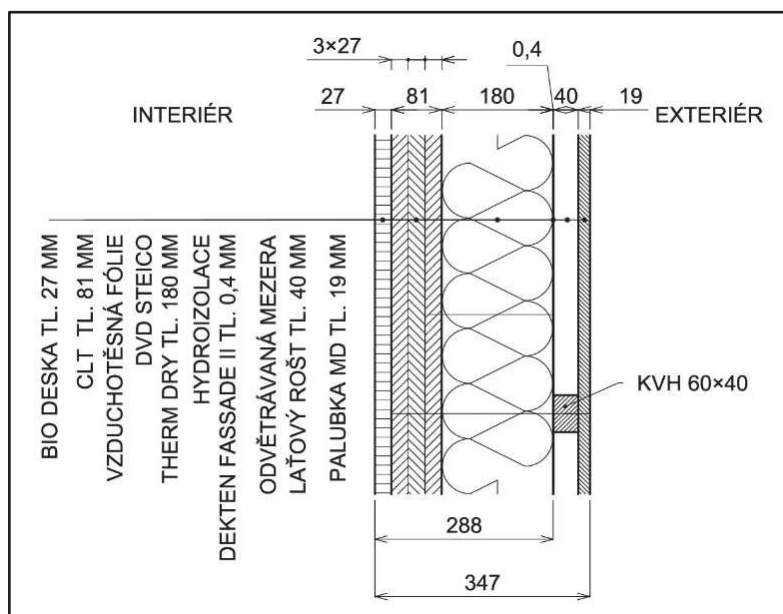
Tab. XIII Porovnání s ČSN 73 0540-2 SIPs panel

Požadavek na teplotní faktor				
Typ hodnoceného povrchu / Typ prostoru	Exteriérová teplota (°C)	Teplotní faktor (-)		
Neprůsvitná stavební konstrukce / Ostatní prostory	-13	Vypočtená hodnota f_{Rsi} (-)	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ (-) pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
		0,965	0,753	splněno
Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí				
Požadavky				Požadavek splněn / nesplněn
Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce				splněno
Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu				splněno
Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m ² .rok				nehodnoceno pro detaily
Požadavek na lineární činitel tepla				
Typ lineární tepelné vazby	Lineární činitel prostupu tepla (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)			
	Vypočtená hodnota z vnějších rozměrů ψ_e (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Požadovaná hodnota ψ_N (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota ψ_{rec} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota pro pasivní budovy ψ_{pas} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
Vnější stěna navazující na jinou konstrukci s výjimkou výplně otvoru	-0,267	0,20	0,10	0,05
		splněno	splněno	splněno

Tabulka XIII *Porovnání s ČSN 73 0540-2 SIPs panel* ukazuje, že skladba splňuje podmínky dané normou.

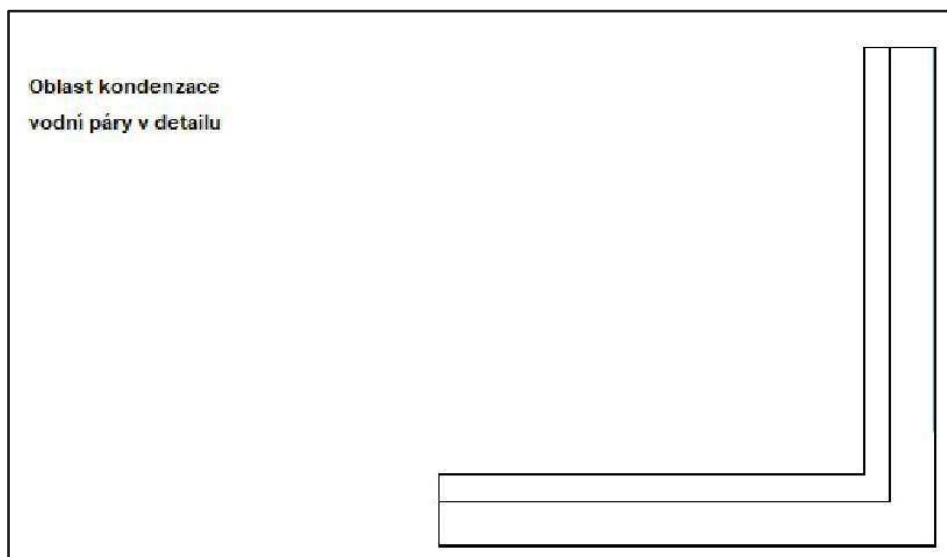
6.2 CLT panel

Tento systém využívá jako nosný prvek nelepené CLT panely; jako spojovací materiál jsou používány vruty. Tyto panely jsou z interiérové strany opláštěny BIO deskou tl. 27 mm, která tvoří pohledový materiál. Z exteriérové strany je k panelu uchycena tepelná izolace z dřevovláknité desky tl. 180 mm, která je chráněna fólií. Další vrstvu tvoří odvětrávaná mezera s laťovým roštem, na kterém jsou modřínové palubky, tvořící pohledovou plochu, tyto části však nejsou zahrnovány do výpočtu, protože nechrání vnitřní konstrukce proti proudění vzduchu, které ovlivňuje vlhkost a teplotu. Jednotlivé panely jsou spojovány mechanickými spojovacími prostředky a nejvyšší stupeň prefabrikace CLT panelů je třetí. Skladba s použitými materiály a jejich rozměry je znázorněna na obrázku 21.



Obr. 21 Skladba CLT panel

Obrázek 22 zobrazuje oblasti kondenzace vodní páry. U vnější pravé strany je málo patrná oblast kondenzace, která je pravděpodobně zapříčiněna použitou hydroizolací. Podle porovnání s normou v tabulce XV, toto množství zkondenzované vlhkosti nebude mít na konstrukci vliv, protože dojde k jeho odpaření z konstrukce, takže jsou veškeré parametry splněny. Z tabulky XIV vyplývá, že tato konkrétní skladba nestačí pro výstavbu pasivních budov, ale je dostatečná pro standardní budovy.



Obr. 22 Oblast kondenzace CLT panel

Tab. XIV Prostup tepla CLT panelem

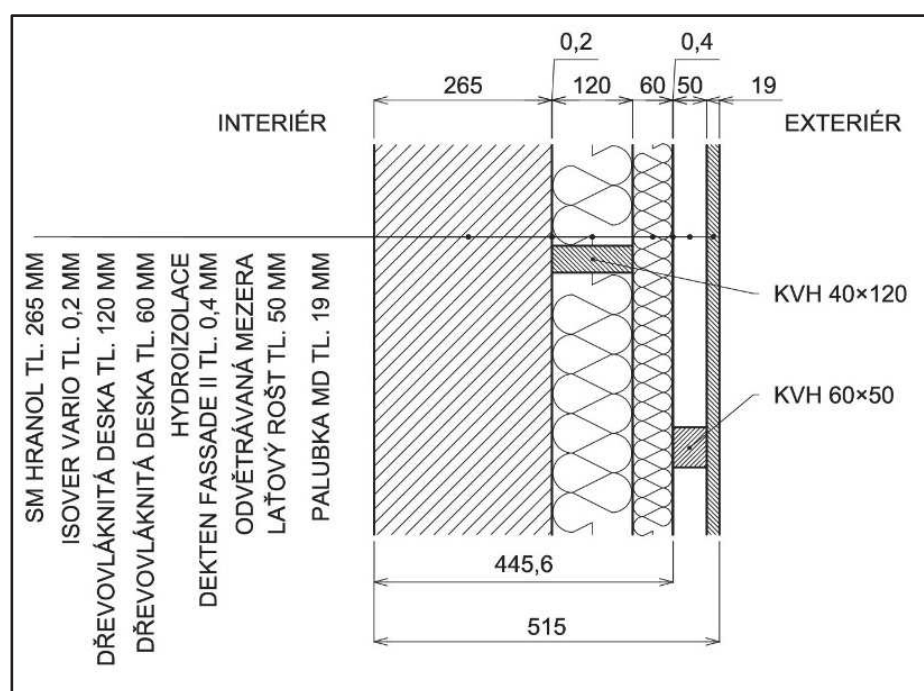
Stávající konstrukce	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti
Materiály	d (m)	λ ($\text{W}\times\text{m}^{-1}\times\text{K}^{-1}$)
BIO deska	0,0270	0,180
CLT	0,0810	0,180
STEICO therm dry	0,1800	0,039
Dekten fassade II	0,0004	0,350
Celková tloušťka (m)	0,2884	
U_T ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) vypočtená hodnota konstrukce	0,186	
$U_{N,20}$ ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) standardní budovy požadovaná hodnota	0,30	
$U_{rec,20}$ ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) standardní budovy doporučená hodnota	těžká: 0,25	lehká: 0,20
$U_{pas,20}$ ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) pasivní budovy doporučená hodnota	0,18 – 0,12	

Tab. XV Porovnání s ČSN 73 0540-2 CLT panel

Požadavek na teplotní faktor				
Typ hodnoceného povrchu / Typ prostoru	Exteriérová teplota (°C)	Teplotní faktor (-)		
Neprůsvitná stavební konstrukce / Ostatní prostory	-13	Vypočtená hodnota f_{Rsi} (-)	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ (-) pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
		0,928	0,753	splněno
Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí				
Požadavky				Požadavek splněn / nesplněn
Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce				splněno
Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu				splněno
Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m ² .rok				nehodnoceno pro detaily
Požadavek na lineární činitel tepla				
Typ lineární tepelné vazby	Lineární činitel prostupu tepla (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)			
	Vypočtená hodnota z vnějších rozměrů ψ_e (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Požadovaná hodnota ψ_N (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota ψ_{rec} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota pro pasivní budovy ψ_{pas} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
Vnější stěna navazující na jinou konstrukci s výjimkou výplně otvoru	-0,060	0,20	0,10	0,05
		splněno	splněno	splněno

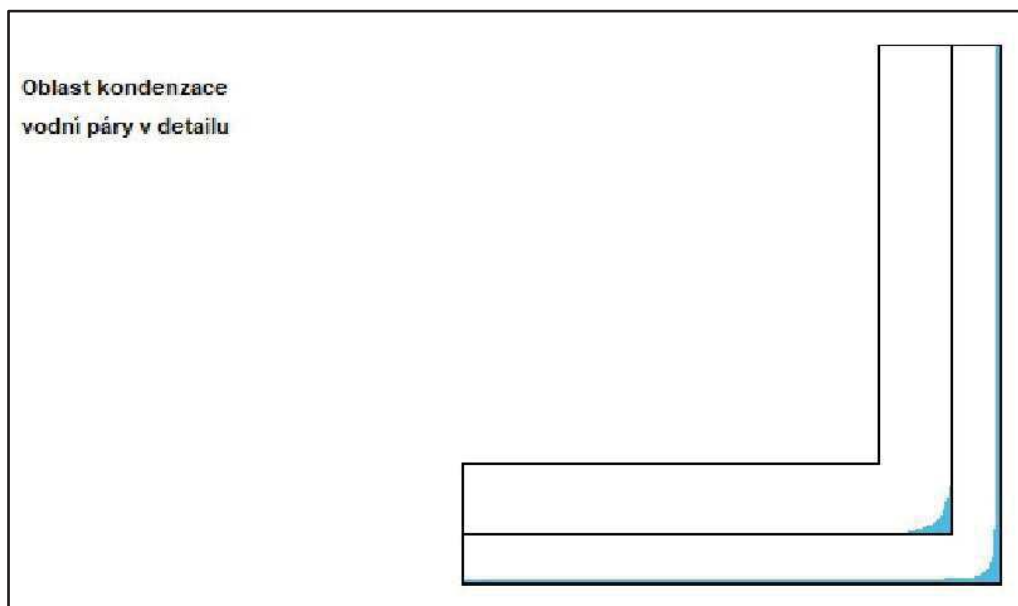
6.3 Roubená konstrukce

Nosným prvkem u této konstrukce je masivní hranol tl. 265 mm – jedná se o profilované sruby – které zároveň tvoří vnitřní pohledovou plochu. Aby konstrukce splňovala tepelně technické požadavky, je z exteriérové strany ve dvou vrstvách přidána tepelná izolace; první vrstva tl. 120 mm, druhá tl. 60 mm. První vrstva izolace je z dřevovláknitých desek vložených mezi rošt z KVH hranolů o průřezu 40×120 mm, na tuto vrstvu je položena vrstva druhá. Ta je tvořena také dřevovláknitými deskami bez roštu a chráněna hydroizolační fólií. Na hydroizolaci navazuje odvětrávaná mezera, na jejíž rošt jsou přichyceny palubky, imitující srubovou konstrukci. Vrstvy odvětrávané mezery a pohledových palubek nejsou započítávány do výpočtů, neboť nezabraňují dalším konstrukcím ve styku s prostředím. Sruby jsou spojovány tesařskými spoji, na ostatní spoje jsou použity mechanické spojovací prostředky. Nejvyšší možný stupeň prefabrikace je druhý. Skladba je zobrazena na obrázku 23.



Obr. 23 Skladba roubené konstrukce

Na obrázku 24 jsou graficky znázorněny oblasti, ve kterých dochází ke kondenzaci vzdušné vlhkosti. Přesto že se jedná o rozsáhlejší oblasti, podle výpočtu dojde k odpaření veškeré zkondenzované vlhkosti, takže jsou veškeré podmínky splněny, jak je uvedeno v tabulce XVII. Při výpočtu prostupu tepla konstrukcí (tab. XVI) bylo zjištěno, že skladba nesplňuje podmínky pro pasivní výstavbu.



Obr. 24 Oblast kondenzace roubená konstrukce

Tab. XVI Prostup tepla roubenou konstrukcí

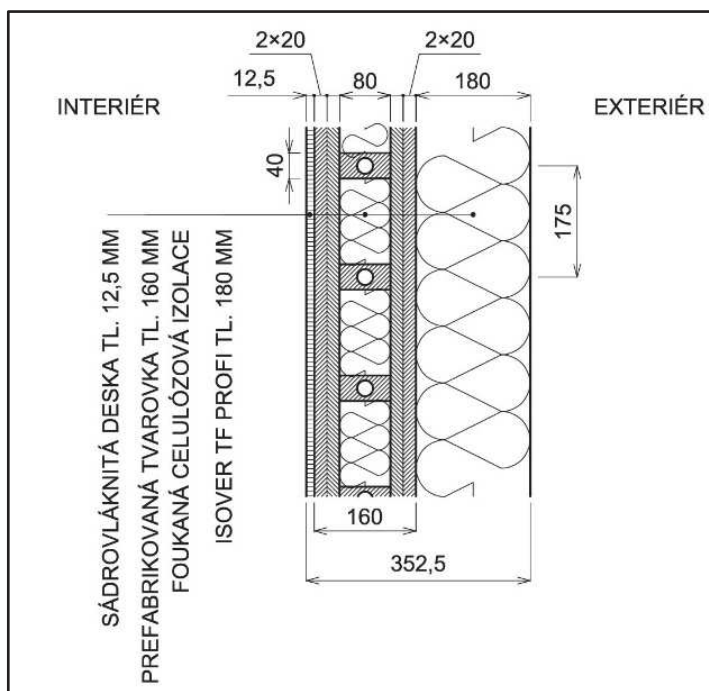
Stávající konstrukce	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti
Materiály	d (m)	λ ($\text{W}\times\text{m}^{-1}\times\text{K}^{-1}$)
Dřevo měkké	0,2650	0,180
Isover Vario	0,0002	0,130
STEICO universal	0,1200	0,058
STEICO universal	0,0600	0,050
Dekten fassade II	0,0004	0,350
Celková tloušťka (m)	0,4456	
U_T ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) vypočtená hodnota konstrukce	0,204	
$U_{N,20}$ ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) standardní budovy požadovaná hodnota	0,30	
$U_{rec,20}$ ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) standardní budovy doporučená hodnota	těžká: 0,25	lehká: 0,20
$U_{pas,20}$ ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) pasivní budovy doporučená hodnota	0,18 – 0,12	

Tab. XVII Porovnání s ČSN 73 0540-2 roubená konstrukce

Požadavek na teplotní faktor				
Typ hodnoceného povrchu / Typ prostoru	Exteriérová teplota (°C)	Teplotní faktor (-)		
Neprůsvitná stavební konstrukce / Ostatní prostory	-13	Vypočtená hodnota f_{Rsi} (-)	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ (-) pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
		0,928	0,753	splněno
Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí				
Požadavky				Požadavek splněn / nesplněn
Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce				splněno
Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu				splněno
Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m ² .rok				nehodnoceno pro detaily
Požadavek na lineární činitel tepla				
Typ lineární tepelné vazby	Lineární činitel prostupu tepla (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)			
	Vypočtená hodnota z vnějších rozměrů ψ_e (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Požadovaná hodnota ψ_N (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota ψ_{rec} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota pro pasivní budovy ψ_{pas} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
Vnější stěna navazující na jinou konstrukci s výjimkou výplně otvoru	-0,157	0,20	0,10	0,05
		splněno	splněno	splněno

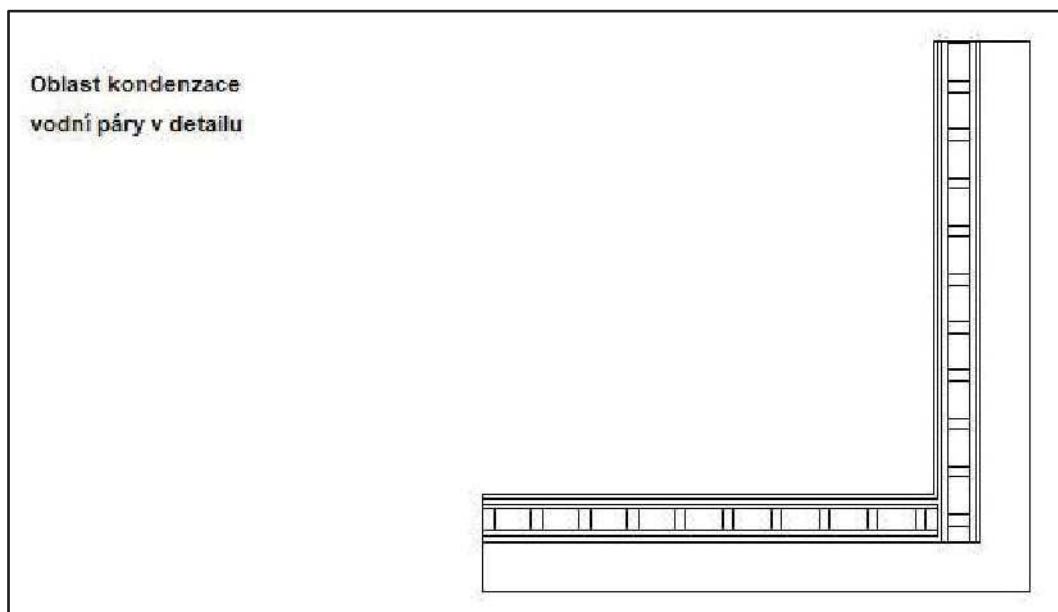
6.4 Prefabrikované tvarovky

Jedná se o systém z prefabrikovaných tvarovek. Tvarovky jsou tvořeny malými sloupky z rostlého dřeva, které jsou spojeny a opláštěny deskami z masivního dřeva. Jedna cihla má celkovou tloušťku 120 mm. Tvarovky jsou uzpůsobeny pro snadné skládání bez nutnosti lepení. Vnitřní prostor mezi sloupky je při stavbě vyplňován foukanou celulózovou izolací. Tvarovky jsou z interiérové strany opláštěny sádrovláknitou deskou tl. 12,5 mm, vhodnou pro nanášení vodou ředitelné pohledové vrstvy. Z exteriéru je přidána dodatečná tepelná izolace z minerální vlny tl. 180 mm pro zajištění tepelného standardu, na kterou je aplikována pohledová malba. Pro spojování jednotlivých cihel slouží masivní kolíky, na ostatní spoje jsou využívány mechanické spojovací prostředky. Skladba je zobrazena na obrázku 25. Nejvyšší stupeň prefabrikace pro prefabrikované tvarovky je druhý.



Obr. 25 Skladba prefabrikovaných tvarovek

Na obrázku 26 nejsou zobrazeny žádné oblasti, ve kterých by docházelo ke kondenzaci vodní páry. Podle tabulky XVIII je tato skladba z hlediska prostupu tepla vhodná pro výstavbu pasivních domů. Podle tabulky XIV jsou požadavky na konstrukci podle ČSN 73 0540-2 splněny.



Obr. 26 Oblast kondenzace prefabrikované tvarovky

Tab. XVIII Prostup tepla prefabrikované tvarovky

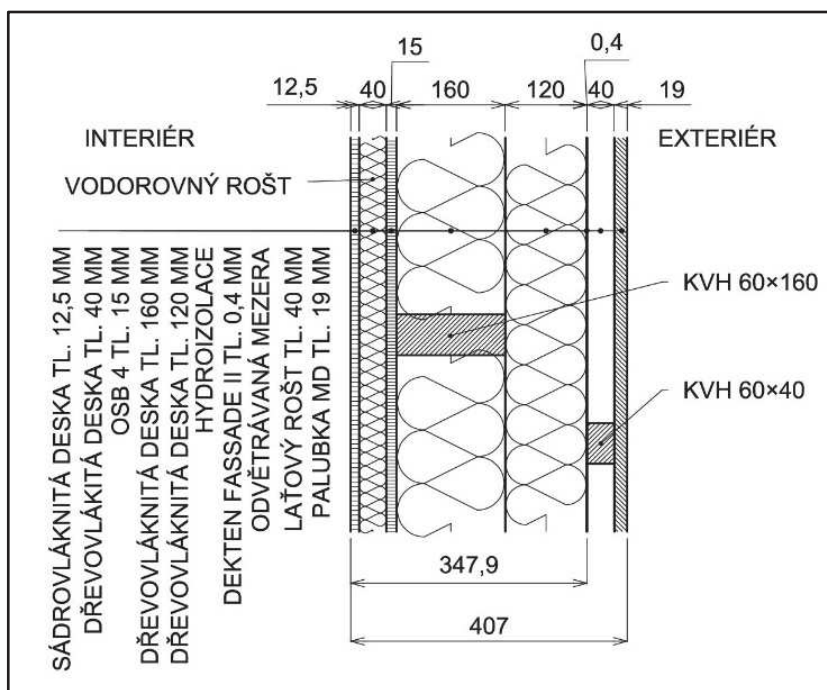
Stávající konstrukce	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti
Materiály	d (m)	λ ($W \times m^{-1} \times K^{-1}$)
Fermacell Greenline	0,0125	0,320
Dřevo měkké	0,0200	0,180
Climatizer Plus / dřevo měkké	0,0200	0,180
Climatizer Plus / dřevo měkké	0,0800	0,069
Climatizer Plus / dřevo měkké	0,0200	0,180
Dřevo měkké	0,0200	0,180
Isover TF Profi	0,1800	0,038
Celková tloušťka (m)	0,3525	
U_T ($W \times m^{-2} \times K^{-1}$) vypočtená hodnota konstrukce	0,153	
$U_{N,20}$ ($W \times m^{-2} \times K^{-1}$) standardní budovy požadovaná hodnota	0,30	
$U_{rec,20}$ ($W \times m^{-2} \times K^{-1}$) standardní budovy doporučená hodnota	těžká: 0,25	lehká: 0,20
$U_{pas,20}$ ($W \times m^{-2} \times K^{-1}$) pasivní budovy doporučená hodnota	0,18 – 0,12	

Tab. XIX Porovnání s ČSN 73 0540-2 prefabrikované tvarovky

Požadavek na teplotní faktor				
Typ hodnoceného povrchu / Typ prostoru	Exteriérová teplota (°C)	Teplotní faktor (-)		
Neprůsvitná stavební konstrukce / Ostatní prostory	-13	Vypočtená hodnota f_{Rsi} (-)	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ (-) pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
		0,935	0,753	splněno
Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí				
Požadavky				Požadavek splněn / nesplněn
Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce				splněno
Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu				splněno
Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m ² .rok				nehodnoceno pro detaily
Požadavek na lineární činitel tepla				
Typ lineární tepelné vazby	Lineární činitel prostupu tepla (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)			
	Vypočtená hodnota z vnějších rozměrů ψ_e (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Požadovaná hodnota ψ_N (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota ψ_{rec} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota pro pasivní budovy ψ_{pas} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
Vnější stěna navazující na jinou konstrukci s výjimkou výplně otvoru	-0,067	0,20	0,10	0,05
		splněno	splněno	splněno

6.5 Těžký skelet

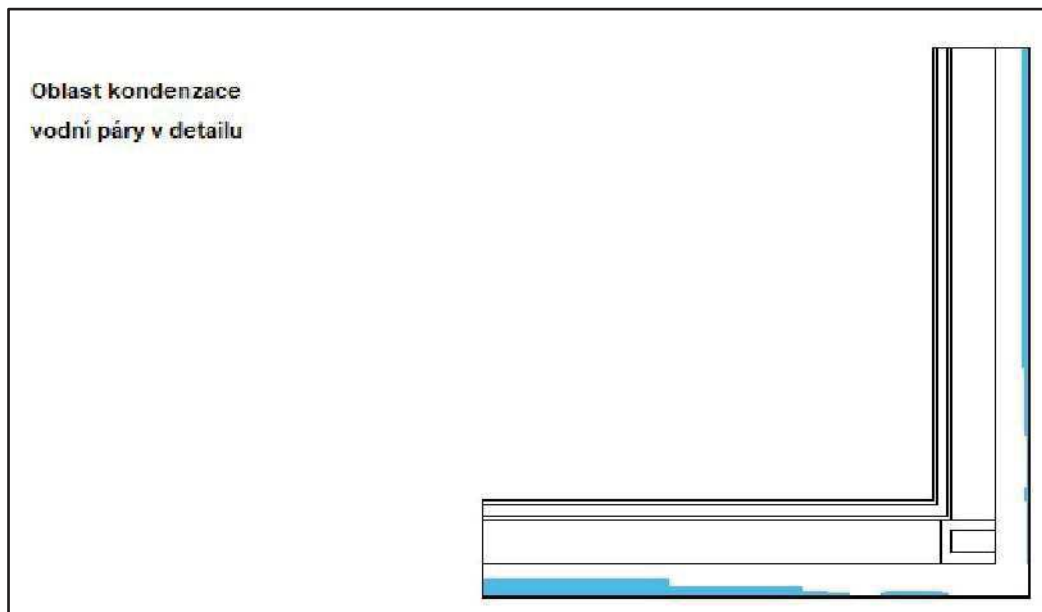
U tohoto systému je také nosným prvkem KVH hranol s průřezem 60×160 mm, netvoří však panel, ale samostatné sloupky s roztečí 5 m. Slouky mezi sebou mají prostor vyplněný dřevovláknitou deskou příslušné tloušťky, která slouží jako tepelná izolace. Z interiérové strany jsou sloupky opláštěny staticky účinným pláštěm z OSB desek. Na OSB deskách je vytvořena instalační předstěna. Ta je tvořena vodorovným roštem z KVH hranolů, přichyceným k OSB deskám a vyplněným dodatečnou tepelnou izolací do prostoru mezi latěmi roštu a povrchovou sádkartonovou deskou tl. 12,5 mm. Do exteriéru od nosných sloupků je skladba tvořena dodatečnou tepelnou izolací z dřevovláknité desky tl. 120 mm, která je chráněna hydroizolací. Toto jsou vrstvy pro výpočet stavebně fyzikálních vlastností. Skladba je dále do exteriéru tvořena odvětrávací mezerou a dřevěnými palubkami, jak je znázorněno na obrázku 27. Spoje jsou tvořeny především mechanickými spojovacími prostředky. U těžkého skeletu je nejvyšší dosažitelný druhý stupeň prefabrikace.



Obr. 27 Skladba těžkého skeletu

Tabulka XX udává hodnotu prostupu tepla konstrukcí vhodnou pro výstavbu pasivních domů. Na obrázku 28 jsou zobrazeny oblasti, ve kterých může docházet ke kondenzaci vodní páry. Kondenzace bude pravděpodobně způsobena použitou hydroizolační fólií. Podle tabulky XXI však zkondenzované množství vodní páry

nepřevyšuje maximální hodnotu odpařené vody z konstrukce, takže by nemělo dojít k jejímu ohrožení. Ostatní podmínky jsou také splněny.



Obr. 28 Oblast kondenzace těžký skelet

Tab. XX Prostup tepla těžkým skeletem

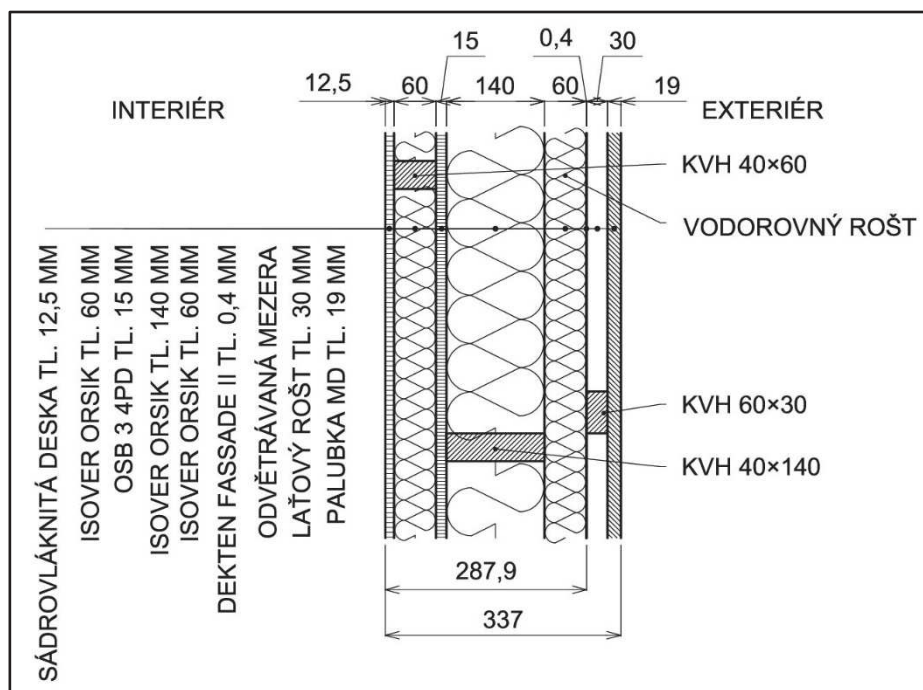
Stávající konstrukce	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti
Materiály	d (m)	λ ($\text{W}\times\text{m}^{-1}\times\text{K}^{-1}$)
Fermacell Greenline	0,0125	0,320
STEICO universal	0,0400	0,229
Egger OSB4 TOP	0,0150	0,130
STEICO universal	0,1600	0,052
STEICO universal	0,1200	0,050
Dekten fassade II	0,0004	0,350
Celková tloušťka (m)	0,3479	
U_T ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) vypočtená hodnota konstrukce	0,167	
$U_{N,20}$ ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) standardní budovy požadovaná hodnota	0,30	
$U_{rec,20}$ ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) standardní budovy doporučená hodnota	těžká: 0,25	lehká: 0,20
$U_{pas,20}$ ($\text{W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}$) pasivní budovy doporučená hodnota	0,18 – 0,12	

Tab. XXI Porovnání s ČSN 73 0540-2 těžký skelet

Požadavek na teplotní faktor				
Typ hodnoceného povrchu / Typ prostoru	Exteriérová teplota (°C)	Teplotní faktor (-)		
Neprůsvitná stavební konstrukce / Ostatní prostory	-13	Vypočtená hodnota f_{Rsi} (-)	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ (-) pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
		0,922	0,753	splněno
Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí				
Požadavky				Požadavek splněn / nesplněn
Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce				splněno
Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu				splněno
Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m ² .rok				nehodnoceno pro detaily
Požadavek na lineární činitel tepla				
Typ lineární tepelné vazby	Lineární činitel prostupu tepla (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)			
	Vypočtená hodnota z vnějších rozměrů ψ_e (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Požadovaná hodnota ψ_N (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota ψ_{rec} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota pro pasivní budovy ψ_{pas} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
Vnější stěna navazující na jinou konstrukci s výjimkou výplně otvoru	-0,069	0,20	0,10	0,05
		splněno	splněno	splněno

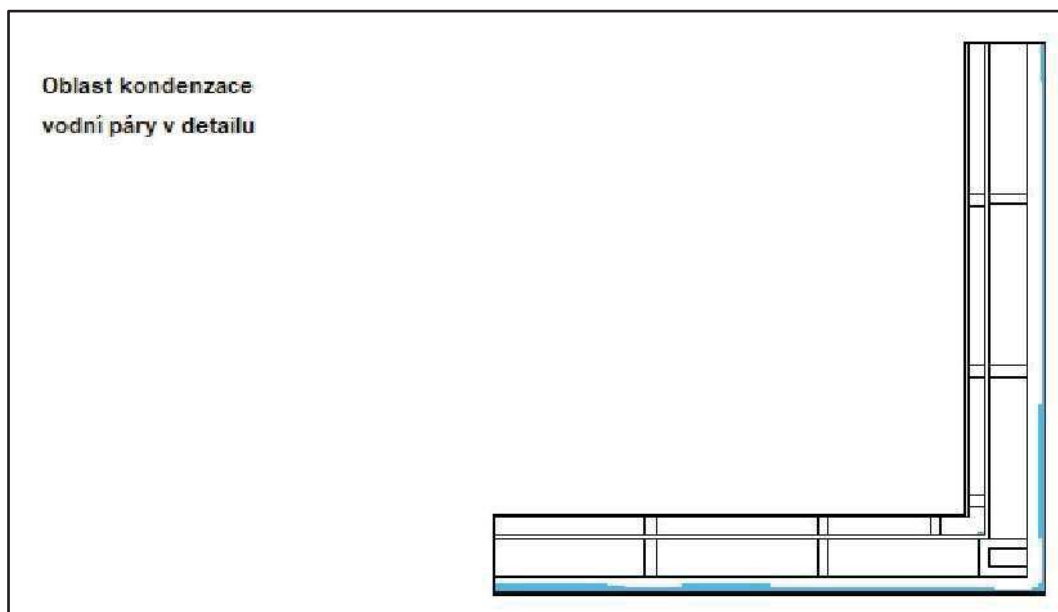
6.6 Lehký skelet

U posledního řešeného systému se jedná o sloupkovou výstavbu, která je tvořena nosným KVH hranolem s menším průřezem než u předchozích konstrukcí, konkrétně 40×140 mm. Prostor mezi hranoly je vyplněný minerální vlnou odpovídající tloušťky a z interiérové strany je opláštěný OSB deskou s funkcí staticky účinného pláště. Na tento plášť je aplikována instalační předstěna se svislým roštem, který je tvořený z KVH hranolů 40×60 mm, a tepelnou minerální izolací, která je přikryta sádrovláknitými deskami tl. 12,5 mm. Z exteriérové strany je na sloupky přidělán vodorovný rošt tl. 60 mm, vyplněný tepelnou izolací. Izolace je proti povětrnostním vlivům chráněna difúzní fólií, která je na izolační desku uložena pod odvětrávanou mezerou. Pohledovou plochu z exteriérové strany tvoří palubky, jak je znázorněno na obrázku 29. Do výpočtu není započítávána vrstva odvětrávaného roštu a vnější pohledové vrstvy. Prvky jsou spojovány nechanickými spojovacími prostředky. Lehký skelet je tvořený přímo na staveništi, proto se řadí do prvního stupně prefabrikace.



Obr. 29 Skladba lehkého skeletu

Tato skladba lehkého skeletu je vhodná pro výstavbu pasivních domů. Podle obrázku 30 v ní však může docházet ke kondenzaci vodní páry. Množství zkondenzované vzdušné vlhkosti však nepřekračuje maximální množství odpařené vody, jak je uvedeno podle výpočtu v tabulce XXIII. Podle této tabulky jsou splněny i ostatní podmínky.



Obr. 30 Oblast kondenzace lehký skelet

Tab. XXII Prostup tepla lehkým skeletem

Stávající konstrukce	Tloušťka	Součinitel tepelné vodivosti
Materiály	d (m)	λ ($W \times m^{-1} \times K^{-1}$)
Fermacell Greenline	0,0125	0,320
Isover Orsik	0,0600	0,055
Egger OSB3	0,0150	0,130
Isover Orsik	0,1400	0,048
Isover Orsik	0,0600	0,040
Dekten fassade II	0,0004	0,350
Celková tloušťka (m)	0,2879	
U_T ($W \times m^{-2} \times K^{-1}$) vypočtená hodnota konstrukce	0,171	
$U_{N,20}$ ($W \times m^{-2} \times K^{-1}$) standardní budovy požadovaná hodnota	0,30	
$U_{rec,20}$ ($W \times m^{-2} \times K^{-1}$) standardní budovy doporučená hodnota	těžká: 0,25	lehká: 0,20
$U_{pas,20}$ ($W \times m^{-2} \times K^{-1}$) pasivní budovy doporučená hodnota	0,18 – 0,12	

Tab. XXIII Porovnání s ČSN 73 0540-2 lehký skelet

Požadavek na teplotní faktor				
Typ hodnoceného povrchu / Typ prostoru	Exteriérová teplota (°C)	Teplotní faktor (-)		
Neprůsvitná stavební konstrukce / Ostatní prostory	-13	Vypočtená hodnota f_{Rsi} (-)	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ (-) pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
		0,935	0,753	splněno
Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí				
Požadavky				Požadavek splněn / nesplněn
Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce				splněno
Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu				splněno
Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m ² .rok				nehodnoceno pro detaily
Požadavek na lineární činitel tepla				
Typ lineární tepelné vazby	Lineární činitel prostupu tepla (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)			
	Vypočtená hodnota z vnějších rozměrů ψ_e (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Požadovaná hodnota ψ_N (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota ψ_{rec} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	Doporučená hodnota pro pasivní budovy ψ_{pas} (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
Vnější stěna navazující na jinou konstrukci s výjimkou výplně otvoru	-0,106	0,20	0,10	0,05
		splněno	splněno	splněno

Tab. XXIV Souhrn

konstrukce		Panel s dřevěným rámem	Optimalizovaný panel s dřevěným	SIPs panel	CLT panel	Roubenka	Prefabrikované tvarovky	Těžký skelet	Lehký skelet
tloušťka konstrukce [mm]		345,2	347,7	362,5	288,4	445,6	352,5	347,9	287,9
součinitel prostupu tepla U [W×m ⁻² ×K ⁻¹]	splněno U ≥ 0,30	0,134 splněno	0,130 splněno	0,120 splněno	0,187 splněno	0,204 splněno	0,153 splněno	0,167 splněno	0,171 splněno
teplotní faktor f _{Rsi} [-]	splněno f _{Rsi} ≥ 0,753	0,967 splněno	0,968 splněno	0,965 splněno	0,928 splněno	0,928 splněno	0,935 splněno	0,922 splněno	0,935 splněno
šíření vlhkosti konstrukcí	funkce konstrukce neohrožena	splněno	splněno	splněno	splněno	splněno	splněno	splněno	splněno
	roční množství kondenzátu nižší než roční	splněno	splněno	splněno	splněno	splněno	splněno	splněno	splněno
lineární činitel tepla ψ _e [W×m ⁻¹ ×K ⁻¹]	požadavek ψ _e ≤ 20								
	doporučení ψ _e ≤ 10	- 0,114	-0,073	-0,267	-0,060	-0,157	-0,067	-0,069	-0,106
	pro pasiv ψ _e ≤ 0,05								
stupeň prefabrikace	Maximální (1-5)	4	4	3	3	2	2	2	1

6.7 Shrnutí

V tabulce XXIV *Souhrn* jsou uvedeny řešené hodnoty stavební fyziky pro jednotlivé konstrukce a skladby. Při porovnání vypočítaných hodnot s normou ČSN 73 0540-2 všechny uvedené konstrukce splňují řešené požadavky.

6.7.1 Součinitel prostupu tepla

K nejmenším tepelným ztrátám dochází u systému SIPs panelů s hodnotou $U = 0,120 \text{ [W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}]$, druhý nejlepší výsledek je u systému panelů s dřevěným rámem, nejprve u optimalizované skladby a následně u skladby stávající. Hodnota optimalizované konstrukce je $U = 0,130 \text{ [W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}]$ a hodnota stávající $U = 0,134 \text{ [W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}]$. Následují konstrukce: prefabrikované tvarovky $U = 0,153 \text{ [W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}]$, těžký skelet $U = 0,167 \text{ [W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}]$, lehký skelet $U = 0,171 \text{ [W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}]$, CLT panely $U = 0,187 \text{ [W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}]$ a k největším tepelným ztrátám dochází u konstrukce roubenky, kde je součinitel prostupu tepla $U = 0,204 \text{ [W}\times\text{m}^{-2}\times\text{K}^{-1}]$. Poslední dvě skladby, tedy CLT panely a roubená konstrukce, již nespĺňují hodnoty pro pasivní budovy, viz kapitola 3.6.1 *Tepelně technické požadavky*.

6.7.2 teplotní faktor

Nejvyšší hodnotu teplotního faktoru najdeme u optimalizované skladby panelu s dřevěným rámem, kdy je hodnota $f_{Rsi} = 968$, následuje neupravená skladba tohoto panelu, kde je hodnota $f_{Rsi} = 967$. SIPs panel je se svou skladbou v pořadí třetí s vypočítanou hodnotou $f_{Rsi} = 965$. Další jsou skladby prefabrikovaných tvarovek a lehkého skeletu se shodnou hodnotou $f_{Rsi} = 935$. Hodnoty $f_{Rsi} = 928$ dosáhly skladby CLT panel a roubená konstrukce. Nejnižší hodnota se nachází u těžkého skeletu, kde dosáhla hodnoty $f_{Rsi} = 922$. Všechny tyto hodnoty jsou dostatečné.

6.7.3 šíření vlhkosti konstrukcí

Všechny zde uvedené skladby splňují požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí, takže vlhkost se nesráží a neohrožuje tak funkci konstrukce. Případné množství zkondenzované vody je natolik malé, že se z konstrukce zvládne odpařit.

6.7.4 lineární činitel tepla

Podmínku lineárního činitele tepla splňují také všechny konstrukce, s hodnotou doporučenou pro pasivní domy. V pořadí za sebou jsou od nejlepší hodnoty řazeny následovně: SIPs panel $\psi_e = -0,267 \text{ [W}\times\text{m}^{-1}\times\text{K}^{-1}\text{]}$, roubená konstrukce $\psi_e = -0,157 \text{ [W}\times\text{m}^{-1}\times\text{K}^{-1}\text{]}$, stávající panel s dřevěným rámem $\psi_e = -0,114 \text{ [W}\times\text{m}^{-1}\times\text{K}^{-1}\text{]}$, lehký skelet $\psi_e = -0,106 \text{ [W}\times\text{m}^{-1}\times\text{K}^{-1}\text{]}$, upravený panel s dřevěným rámem $\psi_e = -0,073 \text{ [W}\times\text{m}^{-1}\times\text{K}^{-1}\text{]}$, těžký skelet $\psi_e = -0,069 \text{ [W}\times\text{m}^{-1}\times\text{K}^{-1}\text{]}$, předposlední skladbou jsou prefabrikované tvarovky $\psi_e = -0,067 \text{ [W}\times\text{m}^{-1}\times\text{K}^{-1}\text{]}$ a nejhorší hodnota je u systému CLT panelu s hodnotou $\psi_e = -0,060 \text{ [W}\times\text{m}^{-1}\times\text{K}^{-1}\text{]}$.

6.7.5 stupeň prefabrikace

Největší stupeň prefabrikace je možný u panelů s dřevěným rámem, jak u stávající, tak optimalizované skladby. Čtvrtý stupeň zahrnuje takové konstrukce, které mohou být osazeny výplněmi stavebních otvorů. Třetí stupeň prefabrikace je možný u zbývajících panelových konstrukcí, tj. SIPs a CLT technologie. Tento stupeň zahrnuje připravené otvory pro technické rozvody. Druhý stupeň prefabrikace zahrnuje možnost konstrukčních úprav pro spojování jednotlivých prvků tesařskými spoji, které jsou spojovány na stavbě. Do této skupiny spadají konstrukce roubené, těžkého skeletu a prefabrikovaných tvarovek. Nejnižší stupeň prefabrikace je u lehkého skeletu, kdy jsou veškeré operace prováděny na stavbě, kde jsou spoje vytvářeny mechanickými spojovacími prostředky.

6.7.6 zhodnocení

Všechny používané systémy jsou plně funkční pro výstavbu obytných budov a pokud se použije správná tloušťka dodatečné izolace, všechny tyto systémy mohou být použity i pro výstavbu pasivních domů. Velký rozdíl je v možnosti prefabrikace, v této kategorii mají panelové systémy, především panely s dřevěným rámem, značnou výhodu.

7 Závěr

Cílem práce byla analýza konstrukčního systému skladeb panelů na bázi dřeva. Na základě analýzy byla vybrána konkrétní skladba panelu s dřevěným rámem, za účelem jejího hodnocení ze stavebně-fyzikálního hlediska. Proto byl z dané skladby graficky vytvořen konstrukční detail pravouhlého napojení dvou obvodových stěn. Skladba byla nejprve hodnocena v programu Teplo 2017, kde byl počítán součinitel prostupu tepla. Konstrukční detail byl hodnocen v programu Area 2017, kde byl počítán teplotní faktor, šíření vlhkosti konstrukcí a lineární činitel tepla. Na základě vypočítaných hodnot a grafických výstupů byla provedena optimalizace skladby, která byla hodnocena shodným postupem se stejnými podmínkami. Výstupní hodnoty byly porovnány s normou ČSN 73 0540.

Výstavba budov systémem panelů s dřevěným rámem má oproti ostatním systémům výhodu v možnosti vysokého stupně prefabrikace, kdy je možné na stavbu dovážet panely s povrchovou úpravou a osazenými stavebními výplněmi. Aby tato příprava však mohla proběhnout, je nutné mít přizpůsobenou dostatečně velkou výrobní halu pro přípravu a manipulaci s panely. Na stavbě je také nutná těžká technika, bez které není možné panely usadit na místo. Samotnou montáž usnadňuje a urychluje spojování mechanickými prostředky.

Na základě porovnání konstrukcí s normou bylo ověřeno, že obě skladby splňují podmínky pro pasivní budovy. Optimalizovaná konstrukce má však vhodnější skladbu na prostup vzdušné vlhkosti konstrukcí a lepší tepelně izolační vlastnosti.

Při srovnávání skladby panelu s dřevěným rámem s dalšími systémy se ukázalo, že materiálová skladba kromě tepelně technických vlastností výrazně ovlivňuje prostup vlhkosti. Zvláště u systému s vnější odvětrávanou mezerou může docházet ke kondenzaci vodní páry, a to pod vrstvou hydroizolační fólie. Z toho důvodu je nutné věnovat zvýšenou pozornost vlastnostem používaných materiálů, v tomto případě faktoru difúzního odporu.

U dřevostaveb se také nachází relativně velké množství systematických tepelných mostů, které snižují tepelně technické vlastnosti konstrukce a mohou působit komplikace při správném provádění stavby. Z toho důvodu si myslím, že je vhodné tento vliv co nejvíce eliminovat. Jako jedna z možností může být zmenšení tloušťky vrstvy s tepelnými

mosty a jako náhradu snížené izolace přidat dodatečnou tepelnou izolaci, jak tomu bylo v případě optimalizace skladby v této práci.

8 Zdroje

8.1 Použitá literatura

BAIER, Jiří. *Ochrana dřeva*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-9000-9.

BRUNECKÝ, Petr. *Domiciologie - nauka o obývaném prostředí*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998. ISBN 80-7157-307-8.

HUJŇÁK, Jaroslav. *Dřevěné stavební konstrukce a dílce*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986. ISBN (Váz.):.

JELÍNEK, Lubomír. *Tesařské konstrukce*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2008. ISBN 978-80-87093-74-0

KOHOUT, Jaroslav, Antonín TOBEK a Pavel MÜLLER. *Tesařství: tradice z pohledu dneška*. Praha: Grada, 1996. ISBN 80-7169-413-4.

KOLB, Josef. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.

KŘUPALOVÁ, Zdeňka. *Technologie III pro 3. ročník SOU učebního oboru truhlář*. Praha: Sobotáles, 2003. ISBN 80-85920-97-2.

KULHÁNEK, František. *Stavební fyzika II: stavební tepelná technika*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02681-7.

LOKAJ, Antonín et al. *Dřevostavby a dřevěné konstrukce I. a II. díl*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010. ISBN 978-80-7204-732-1.

PEJCHAL, Jiří a Tomáš ZLATNÍK. *Když chci stavět dům: od pozemku ke kolaudaci*. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1482-7.

RŮŽIČKA, Martin. *Moderní dřevostavba*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3298-5.

Současné dřevostavby a nové materiály na bázi dřeva: sborník příspěvků z mezinárodní vědecké konference pořádané při příležitosti oslav 90. výročí založení Lesnické a dřevařské fakulty MZLU v Brně: 25.-26. září 2008, Křtiny. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-213-2.

SVOBODA, Emanuel, František BARTÁK a Miroslava ŠIROKÁ. *Fyzika pro technické obory středních odborných škol.* 4. vyd. Praha: SPN, 1991. Učebnice pro střední školy.

ŠTEFKO, Jozef a et al. *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba.* Bratislava: Jaga, 2009. ISBN 978-80-8076-080-9.

VAVERKA, Jiří. *Dřevostavby pro bydlení.* Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2205-4.

Normy

ČSN 73 0540-1 - Tepelná ochrana budov – terminologie – 2005

ČSN 73 0540-2 - Tepelná ochrana budov – požadavky - 2011

8.2 Webové stránky

LIŠKA, Luděk. *Historie panelových dřevostaveb I* [online]. 23. 11. 2015, 1 [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: <https://www.europanel.cz/cz/aktualne/archiv-clanku/serial-historie-panelovych-drevostaveb-1.html>

Vývoj obydlí. *Domov pravěku* [online]. [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: <https://domovpraveku.iplace.cz/rubriky/vyvoj-domu/doba-lovcu-a-sberacu-starsi-a>

8.3 Zdroje použitých obrázků

Obr. 01 Systémy dřevostaveb. In: VAVERKA, Jiří. *Dřevostavby pro bydlení str. 38.* Praha: Grada, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-247-2205-4.

Obr. 02 Dlouhý dům. In: <http://www.virtualniarcheologie.cz> [online]. [cit. 2021-04-12].

Dostupné z:

https://lh3.googleusercontent.com/proxy/Xe4RV5ugFtFzphZJoNnHIJruAsLbdu7JeCCgHcmQecVvVG67brOHEcQ_vsGPZEVlXbZBULbtBj4VTbDLQoNHoc5l-MZSy5obBa0zVyLH5LLMOB58DpdIBn75POyFPpdIsiHLQp7wEUwZInPXw6WKqTSC1dWUx1eXXp

43gaGVg9qkvY2dSEMRx6ybk2Kc5ZO2atfjVo-zHz3wx5m1jVeFyGSmatr1bXma26djyUgfX108EufVkc.

Obr. 03 Stupně prefabrikace. In: KOLB, Josef. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště str. 46*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.

Obr. 04 Energetické výdaje na výrobu stavebních materiálů. In: CHYBÍK, Josef. *Přírodní stavební materiály str. 13*. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-2532-1

Obr. 05 Vrstvy systému. Autor.

Obr. 06 Zateplovací systémy. In: KOLB, Josef. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště str. 66*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.

Obr. 07 roční bilance kondenzace a vypařování vodní páry. In: Kulhánek, František. *Stavební fyzika II: stavební tepelná technika str. 35*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02681-7.

Obr. 08 Průkaz energetické náročnosti budovy. In: <http://www.zelenausporam-2.cz> [online]. [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: https://lh3.googleusercontent.com/proxy/t24-zi2nPr_UIJh5F8WvwKPMKhmQlDu9SLjzGdE8klfxYrrlCFyrqfZXw3ntNHjNVtrkNaHkL_trfO3QVvCyvzPmSdcJfadCGf0kudf2fBCE-et-rC1aVBG.

Obr. 09 Panel s dřevěným rámem. Autor.

Obr. 10 Izotermy panelu s dřevěným rámem. Autor.

Obr. 11 Teplotní pole panelu s dřevěným rámem. Autor.

Obr. 12 Relativní vlhkost panelu s dřevěným rámem. Autor.

Obr. 13 Oblast kondenzace panelu s dřevěným rámem. Autor.

Obr. 14 Optimalizovaná skladba. Autor.

Obr. 15 Izotermy optimalizovaného panelu s dřevěným rámem. Autor.

Obr. 16 Teplotní pole optimalizovaného panelu s dřevěným rámem. Autor.

Obr. 17 Relativní vlhkost optimalizovaného panelu s dřevěným rámem. Autor.

Obr. 18 Oblast kondenzace optimalizovaného panelu s dřevěným rámem. Autor.

Obr. 19 SIPs panel. Autor.

Obr. 20 Oblast kondenzace SIPs panelu. Autor.

Obr. 21 Skladba CLT panel. Autor.

Obr. 22 Oblast kondenzace CLT panel. Autor.

Obr. 23 Skladba roubené konstrukce. Autor.

Obr. 24 Oblast kondenzace roubená konstrukce. Autor.

Obr. 25 Skladba prefabrikovaných tvarovek. Autor.

Obr. 26 Oblast kondenzace prefabrikované tvarovky. Autor.

Obr. 27 Skladba těžkého skeletu. Autor.

Obr. 28 Oblast kondenzace těžký skelet. Autor.

Obr. 29 Skladba lehkého skeletu. Autor.

Obr. 30 Oblast kondenzace lehký skelet. Autor.

9 Seznam přílohy

Příloha 01 protokol panel s dřevěným rámem Teplo 2017

Příloha 02 protokol panel s dřevěným rámem Area 2017

Příloha 03 protokol optimalizovaný panel s dřevěným rámem Teplo 2017

Příloha 04 protokol optimalizovaný panel s dřevěným rámem Area 2017

Příloha 05 protokol SIPs panel Teplo 2017

Příloha 06 protokol SIPs panel Area 2017

Příloha 07 protokol CLT panel Teplo 2017

Příloha 08 protokol CLT panel Area 2017

Příloha 09 protokol roubená konstrukce Teplo 2017

Příloha 10 protokol roubená konstrukce Area 2017

Příloha 11 protokol prefabrikované tvarovky Teplo 2017

Příloha 12 protokol prefabrikované tvarovky Area 2017

Příloha 13 protokol těžký skelet Teplo 2017

Příloha 14 protokol těžký skelet Area 2017

Příloha 15 protokol lehký skelet Teplo 2017

Příloha 16 protokol lehký skelet Area 2017

9.1 Přílohy

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]
Panel s dřevěným rámem...	stěna	7.288	0.134	nedochází ke kondenzaci v.p.		---
03 - optimalizovaný...	stěna	7.511	0.130	nedochází ke kondenzaci v.p.		---

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 : **Panel s dřevěným rámem**

Zpracovatel : Tomáš Harigel

Zakázka : Příloha 1 Teplo 2017

Datum : 15.03.2021

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednoplašťová

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	RigiStabil	0,0125	0,1420	960,0	840,0	12,0	0.0000
2	Isover Aku	0,0400	0,0490*	964,2	74,6	1,0	0.0000
3	Isover Vario	0,0002	0,3500	1470,0	60,0	100000,0	0.0000
4	Isover Aku	0,1600	0,0510*	964,2	74,6	1,0	0.0000
5	RigiStabil	0,0125	0,1420	960,0	840,0	12,0	0.0000
6	Isover TF Prof	0,1200	0,0380	800,0	140,0	1,0	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

U vrstvy č. 3 je faktor difúzního odporu proměnný v roce.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	RigiStabil	---
2	Isover Aku	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.038 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.0600 m Tloušťka tepelných mostů: 0.0400 m Os. vzdálenost tep. mostů: 0.6250 m
3	Isover Vario	---
4	Isover Aku	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.038 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K)

Šířka tepelných mostů: 0.0600 m
 Tloušťka tepelných mostů: 0.1600 m
 Os. vzdálenost tep. mostů: 0.6250 m

5 RigiStabil
 6 Isover TF Profi

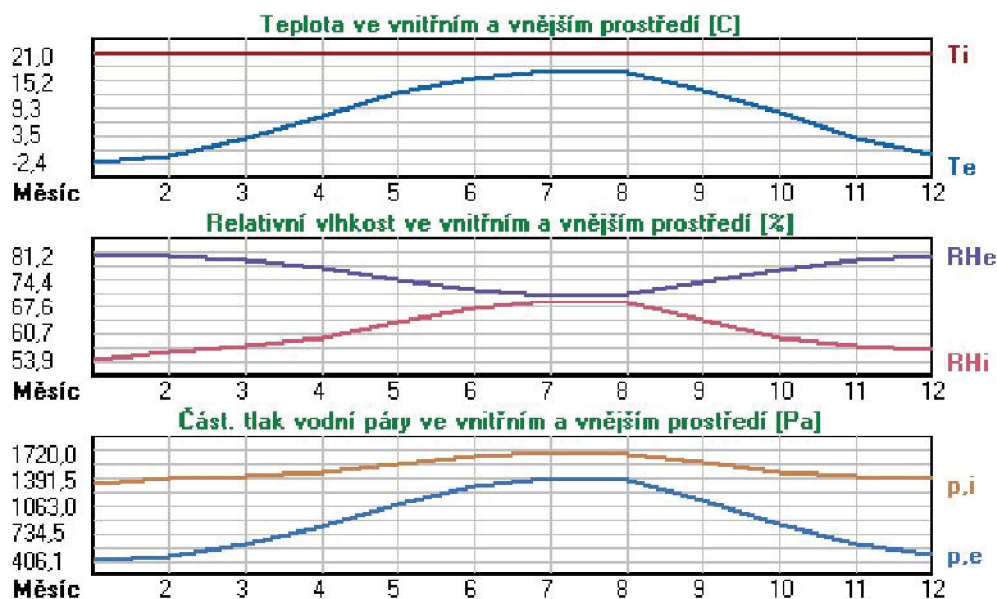
Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} : 0.13 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{si} : 0.25 m²K/W
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R_{se} : 0.04 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{se} : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota T_e : -13.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 21.0 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	21.0	53.9	1339.7	-2.4	81.2	406.1
2	28 672	21.0	56.0	1391.9	-0.9	80.8	457.9
3	31 744	21.0	57.5	1429.2	3.0	79.5	602.1
4	30 720	21.0	59.3	1473.9	7.7	77.5	814.1
5	31 744	21.0	63.4	1575.9	12.7	74.5	1093.5
6	30 720	21.0	67.2	1670.3	15.9	72.0	1300.1
7	31 744	21.0	69.2	1720.0	17.5	70.4	1407.2
8	31 744	21.0	68.5	1702.6	17.0	70.9	1373.1
9	30 720	21.0	64.1	1593.3	13.3	74.1	1131.2
10	31 744	21.0	59.7	1483.9	8.3	77.1	843.7
11	30 720	21.0	57.5	1429.2	2.9	79.5	597.9
12	31 744	21.0	56.5	1404.4	-0.6	80.7	468.9

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).



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 : 7.288 m²K/W
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.134 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 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:

Difuzní odpor konstrukce ZpT : 1.1E+0011 m/s
Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 192.2
Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 9.5 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p : 19.88 C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p : 0.967

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	14.7	0.732	11.3	0.586	20.2	0.967	56.5
2	15.3	0.741	11.9	0.584	20.3	0.967	58.5
3	15.7	0.707	12.3	0.516	20.4	0.967	59.6
4	16.2	0.640	12.8	0.381	20.6	0.967	60.9
5	17.3	0.550	13.8	0.131	20.7	0.967	64.5
6	18.2	0.449	14.7	-----	20.8	0.967	67.9
7	18.7	0.331	15.1	-----	20.9	0.967	69.7
8	18.5	0.374	15.0	-----	20.9	0.967	69.1
9	17.4	0.538	14.0	0.085	20.7	0.967	65.1
10	16.3	0.632	12.9	0.360	20.6	0.967	61.3
11	15.7	0.709	12.3	0.519	20.4	0.967	59.7
12	15.5	0.743	12.0	0.585	20.3	0.967	59.0

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

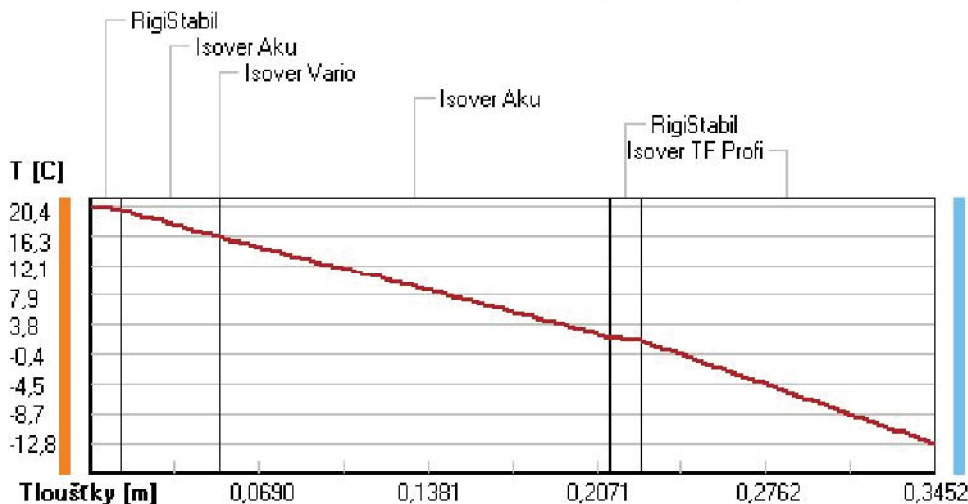
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

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

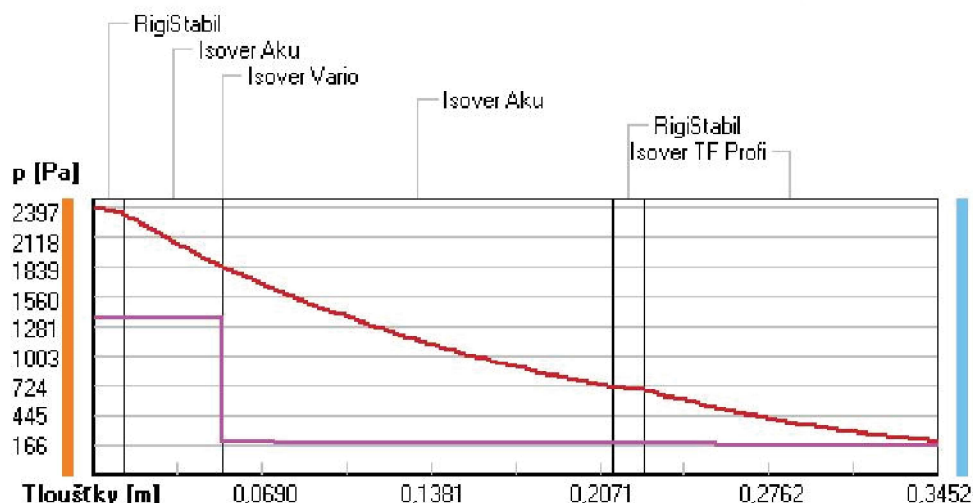
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	e
theta [C]:	20.4	20.0	16.3	16.3	2.0	1.6	-12.8
p [Pa]:	1367	1358	1356	191	182	173	166
p,sat [Pa]:	2397	2338	1851	1850	704	684	201

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.

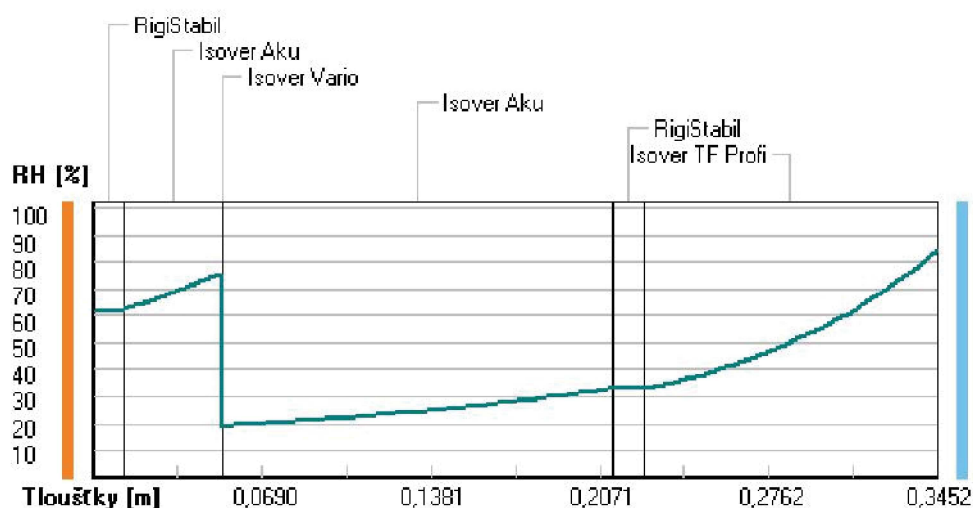
Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



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 nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 1.164E-0008 kg/(m².s)

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	RigiStabil	151	214	---	---	---

2	Isover Aku	---	334	31	---	---
3	Isover Vario	---	334	31	---	---
4	Isover Aku	243	122	---	---	---
5	RigiStabil	243	122	---	---	---
6	Isover TF Prof	---	---	306	59	---

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.

DVOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLOT A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

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

Area 2017 EDU

Název úlohy : **01 - stávající**

Varianta

Zpracovatel : TT 2017

Zakázka :

Datum : 06.04.2021

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -13.0 C

Teplota vzduchu v interiéru: 21.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 50

Počet vodorovných os: 50

Počet prvků: 4802

Počet uzlových bodů: 2500

Souřadnice os sítě - osa x [m] :

0.00000	0.06000	0.09000	0.12000	0.13250	0.14988	0.16725	0.18000	0.20813	0.23625
0.26438	0.27844	0.28547	0.28898	0.29250	0.29450	0.29700	0.29950	0.30450	0.31450
0.33450	0.34700	0.37188	0.39675	0.44650	0.54600	0.64550	0.74500	0.80500	0.87563
0.94625	1.01688	1.08750	1.15813	1.22875	1.29938	1.37000	1.43000	1.50063	1.57125
1.64188	1.71250	1.78313	1.85375	1.92438	1.95969	1.97734	1.98617	1.99500	2.00000

Souřadnice os sítě - osa y [m] :

0.00000	0.06000	0.09000	0.10500	0.12000	0.13250	0.14988	0.16725	0.19856	0.22988
0.26119	0.27684	0.28467	0.28859	0.29250	0.29450	0.29700	0.29950	0.30450	0.31450
0.32450	0.33450	0.34075	0.34700	0.35250	0.36133	0.37016	0.38781	0.42313	0.49375
0.56438	0.63500	0.70563	0.77625	0.84688	0.91750	0.97750	1.04813	1.11875	1.18938
1.26000	1.33063	1.40125	1.47188	1.54250	1.60250	1.70188	1.80125	1.90063	2.00000

Zadané materiály :

č.	Název	LambdaX	LambdaY	MiX	MiY	X1	X2	Y1	Y2
1	RigiStabil	0.142	0.142	12	12	21	22	22	50
2	RigiStabil	0.142	0.142	12	12	22	50	22	24
3	Isover Aku	0.038	0.038	1.000	1.000	5	15	25	36
4	Isover Aku	0.038	0.038	1.000	1.000	8	28	6	15
5	RigiStabil	0.142	0.142	12	12	4	5	15	50
6	RigiStabil	0.142	0.142	12	12	4	50	5	6
7	Isover TF Profi	0.038	0.038	1.000	1.000	1	4	1	50
8	Isover TF Profi	0.038	0.038	1.000	1.000	4	50	1	5
9	Dřevo měkké (to	0.018	0.018	157	157	5	15	15	25
10	Dřevo měkké (to	0.018	0.018	157	157	4	8	6	15
11	Isover Aku	0.049	0.049	1.000	1.000	16	21	16	50
12	Isover Aku	0.049	0.049	1.000	1.000	21	50	16	22
13	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	5	15	36	37
14	Isover Aku	0.038	0.038	1.000	1.000	5	15	37	45
15	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	5	15	45	46
16	Isover Aku	0.038	0.038	1.000	1.000	5	15	46	50
17	Dřevo měkké (to	0.018	0.018	157	157	28	29	6	15
18	Isover Aku	0.038	0.038	1.000	1.000	29	37	6	15
19	Dřevo měkké (to	0.018	0.018	157	157	37	38	6	15
20	Isover Aku	0.038	0.038	1.000	1.000	38	49	6	15
21	Dřevo měkké (to	0.018	0.018	157	157	49	50	6	15
22	Isover Vario	0.350	0.350	100000	100000	15	16	15	50
23	Isover Vario	0.350	0.350	100000	100000	16	50	15	16

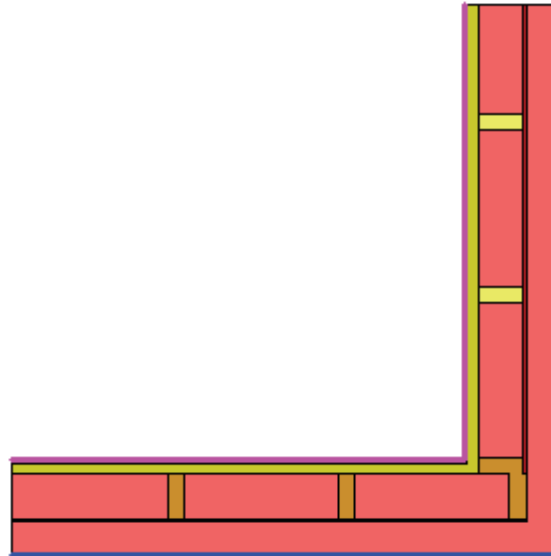
Poznámka: LambdaX a LambdaY jsou návrhové hodnoty tepelné vodivosti materiálů ve směru osy X a Y ve W/(m.K);

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 vert. os: 50
 Počet horizont. os: 50
 Počet prvků: 4802

Teplota	Odpor R_s
≤ 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]	R_s [m2K/W]	RH [%]	P [kPa]	h,p [s/m]
1	151	2451	-13.00	0.04	84.0	0.17	20.00
2	1	151	-13.00	0.04	84.0	0.17	20.00
3	1	50	-13.00	0.04	84.0	0.17	20.00
4	1074	2474	21.00	0.13	50.0	1.24	10.00
5	1074	1100	21.00	0.13	50.0	1.24	10.00

Poznámka: R_s 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.

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU :

TEPLOTY (ve stupních Celsia) :

	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41
50										
49										
48										
47										
46										
45										
44										
43										
42										
41										
40										
39										
38										
37										
36										
35										
34										
33										
32										
31										
30										
29										
28										
27										
26										
25										
24	20.49	20.49	20.49	20.49	20.49	20.48	20.48	20.48	20.48	20.48
23	20.32	20.32	20.32	20.32	20.32	20.31	20.31	20.31	20.30	20.30
22	20.15	20.15	20.15	20.15	20.14	20.14	20.13	20.13	20.13	20.13
21	19.36	19.36	19.36	19.35	19.34	19.33	19.32	19.31	19.31	19.31

20	5.52	2.89	0.38	-0.86	-2.65	-4.54	-4.75	-6.84	-8.89	-12.90
19	4.79	2.33	0.05	-1.16	-2.90	-4.75	-4.99	-7.06	-9.03	-12.90
18	4.40	2.05	-0.09	-1.29	-3.01	-4.83	-5.11	-7.18	-9.11	-12.90
17	4.21	1.91	-0.15	-1.35	-3.06	-4.85	-5.17	-7.23	-9.14	-12.90
16	4.00	1.76	-0.20	-1.41	-3.12	-4.87	-5.24	-7.29	-9.18	-12.91
15	3.84	1.64	-0.24	-1.46	-3.16	-4.87	-5.30	-7.34	-9.21	-12.91
14	3.68	1.53	-0.29	-1.55	-3.24	-4.87	-5.54	-7.44	-9.27	-12.91
13	3.52	1.41	-0.36	-1.64	-3.32	-4.92	-5.75	-7.54	-9.33	-12.91
12	3.16	1.14	-0.53	-1.83	-3.50	-5.08	-6.10	-7.73	-9.45	-12.91
11	2.37	0.54	-1.00	-2.27	-3.92	-5.51	-6.65	-8.11	-9.68	-12.92
10	0.55	-0.93	-2.25	-3.40	-4.92	-6.42	-7.49	-8.77	-10.12	-12.93
9	-1.42	-2.62	-3.73	-4.71	-6.02	-7.31	-8.25	-9.35	-10.51	-12.94
8	-3.45	-4.44	-5.36	-6.15	-7.18	-8.19	-8.92	-9.86	-10.87	-12.95
7	-4.58	-5.48	-6.36	-7.02	-7.85	-8.64	-9.22	-10.11	-11.06	-12.95
6	-5.71	-6.54	-7.46	-7.97	-8.57	-9.09	-9.38	-10.35	-11.24	-12.96
5	-5.92	-6.73	-7.63	-8.08	-8.66	-9.17	-9.49	-10.53	-11.38	-12.96
4	-6.83	-7.54	-8.32	-8.68	-9.17	-9.63	-9.95	-10.80	-11.56	-12.96
3	-7.73	-8.34	-8.99	-9.29	-9.70	-10.10	-10.39	-11.09	-11.75	-12.97
2	-9.48	-9.89	-10.31	-10.51	-10.78	-11.05	-11.24	-11.70	-12.14	-12.98
1	-12.91	-12.92	-12.93	-12.94	-12.95	-12.95	-12.96	-12.97	-12.98	-13.00

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	-13.0	0.04	84	-13.00	-14.33870	0.42173
2	21.0	0.13	50	19.39	14.33858	0.42172

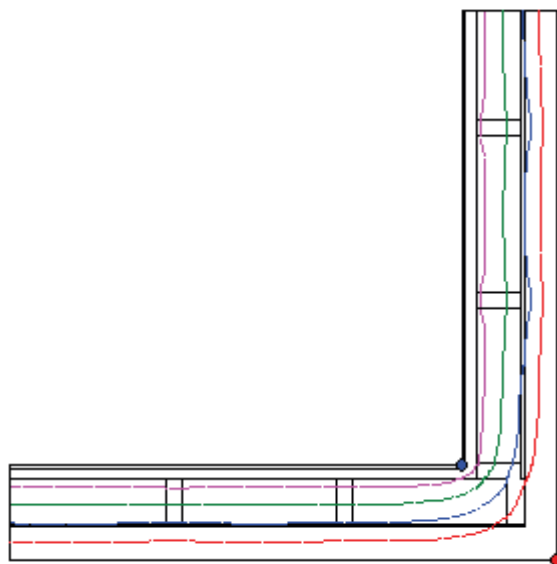
Vysvětlivky:

- 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:

- -6,00 C
- 0,00 C
- 7,00 C
- 14,00 C

- ◆ Tsi=-13,00 C
- ◆ Tsi=19,39 C



NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty, TEPLOTNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:

Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	-14.90	-13.00	1.000	ne	---	---
2	10.18	19.39	0.953	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 (21.0 C) a vnější (-13.0 C) teploty - přesně lze určit jen pro max. 2 prostředí a pro rozdílnou vnitřní a vnější teplotu, program nicméně určuje orientační hodnoty]

28	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
27	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
26	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
25	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
24	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
23	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
22	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
21	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
20	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
19	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
16	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
15	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
14	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
13	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
12	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
11	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
10	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
9	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
8	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
7	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
6	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
5	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
4	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
3	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
2	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
1	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17

TOKY DIFUNDUJÍCÍ VODNÍ PÁRY PŘI ZADANÝCH PODMÍNKÁCH:

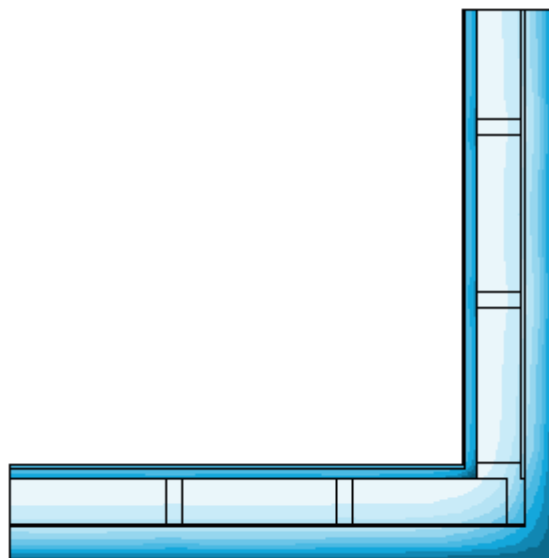
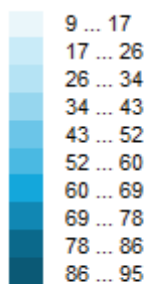
Množství vstupující do konstrukce: 3.5E-0009 kg/m,s.

Množství vystupující z konstrukce: 3.4E-0009 kg/m,s.

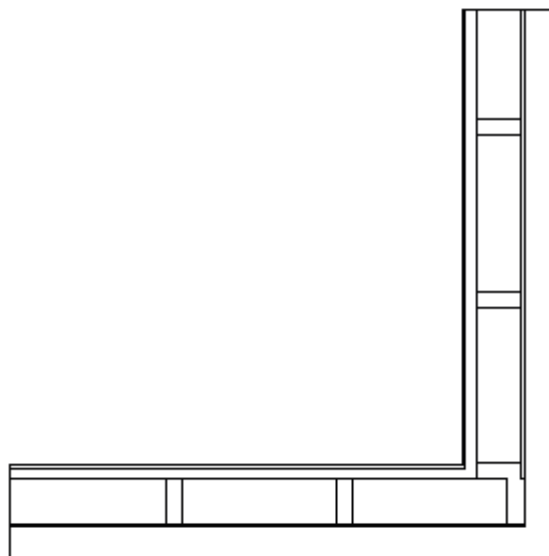
Chyba výpočtu: 1.0E-0011 kg/m,s.

Poznámka: Uvedená množství jsou vztažena k 1 m výšky detailu a platí pro zadané okrajové podmínky. Množství vodní páry vstupující do konstrukce bylo stanoveno pro povrchy se souč. přestupu vodní páry 10.e-9 s/m. Množství vystupující z konstrukce pak pro povrchy se souč. přestupu vodní páry 20.e-9 s/m. Ostatní povrchy se ve výpočtu neuplatnily.

Rel. vlhkost [%]:



Oblast kondenzace
vodní páry v detailu



Area 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

Příloha 3

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 : **03 - optimalizovaný**
Zpracovatel : Tomáš Harigel
Zakázka : BP
Datum : 15.03.2021

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	RigiStabil	0,0125	0,1420	960,0	840,0	12,0	0.0000
2	Isover Aku	0,0400	0,0600*	1112,6	105,8	1,0	0.0000
3	Isover Vario	0,0020	0,3500	1470,0	60,0	100000,0	0.0000
4	Knauf TP 138	0,1400	0,0480*	1000,3	67,3	3,2	0.0000
5	Egger DHF	0,0150	0,1000	1700,0	650,0	11,0	0.0000
6	Isover TF Prof	0,1400	0,0380	800,0	140,0	1,0	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

U vrstvy č. 3 je faktor difúzního odporu proměnný v roce.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	RigiStabil	---
2	Isover Aku	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.049 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K)

Šířka tepelných mostů: 0.0600 m
 Tloušťka tepelných mostů: 0.0400 m
 Os. vzdálenost tep. mostů: 0.6250 m

3 Isover Vario
 4 Knauf TP 138

vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946

Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.035 W/(m.K)
 Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K)
 Šířka tepelných mostů: 0.0600 m
 Tloušťka tepelných mostů: 0.1600 m
 Os. vzdálenost tep. mostů: 0.6250 m

5 Egger DHF
 6 Isover TF Profi

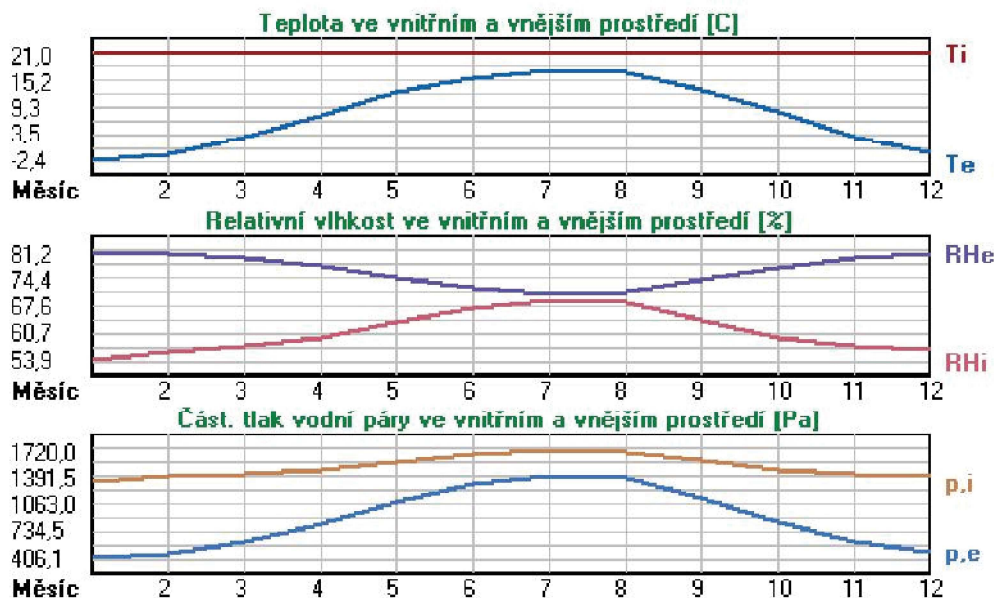
Okrajové podmínky výpočtu :

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 Te : -13.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31 744	21.0	53.9	1339.7	-2.4	81.2	406.1
2	28 672	21.0	56.0	1391.9	-0.9	80.8	457.9
3	31 744	21.0	57.5	1429.2	3.0	79.5	602.1
4	30 720	21.0	59.3	1473.9	7.7	77.5	814.1
5	31 744	21.0	63.4	1575.9	12.7	74.5	1093.5
6	30 720	21.0	67.2	1670.3	15.9	72.0	1300.1
7	31 744	21.0	69.2	1720.0	17.5	70.4	1407.2
8	31 744	21.0	68.5	1702.6	17.0	70.9	1373.1
9	30 720	21.0	64.1	1593.3	13.3	74.1	1131.2
10	31 744	21.0	59.7	1483.9	8.3	77.1	843.7
11	30 720	21.0	57.5	1429.2	2.9	79.5	597.9
12	31 744	21.0	56.5	1404.4	-0.6	80.7	468.9

Poznámka: Tai, RH_i 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).



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 :

Teplný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplný odpor konstrukce R : 7.511 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.130 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 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} : 1.0E+0012 m/s

Teplotní útlum konstrukce N_y* podle EN ISO 13786 : 264.8

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 10.4 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 19.91 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : **0.968**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si}=0,25 m²K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		T _{si} [C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
	T _{si} ,m[C]	f _{Rsi} ,m	T _{si} ,m[C]	f _{Rsi} ,m	T _{si} [C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
1	14.7	0.732	11.3	0.586	20.3	0.968	56.4
2	15.3	0.741	11.9	0.584	20.3	0.968	58.5
3	15.7	0.707	12.3	0.516	20.4	0.968	59.6
4	16.2	0.640	12.8	0.381	20.6	0.968	60.9
5	17.3	0.550	13.8	0.131	20.7	0.968	64.4
6	18.2	0.449	14.7	-----	20.8	0.968	67.9
7	18.7	0.331	15.1	-----	20.9	0.968	69.7
8	18.5	0.374	15.0	-----	20.9	0.968	69.0
9	17.4	0.538	14.0	0.085	20.8	0.968	65.1
10	16.3	0.632	12.9	0.360	20.6	0.968	61.2
11	15.7	0.709	12.3	0.519	20.4	0.968	59.6
12	15.5	0.743	12.0	0.585	20.3	0.968	59.0

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

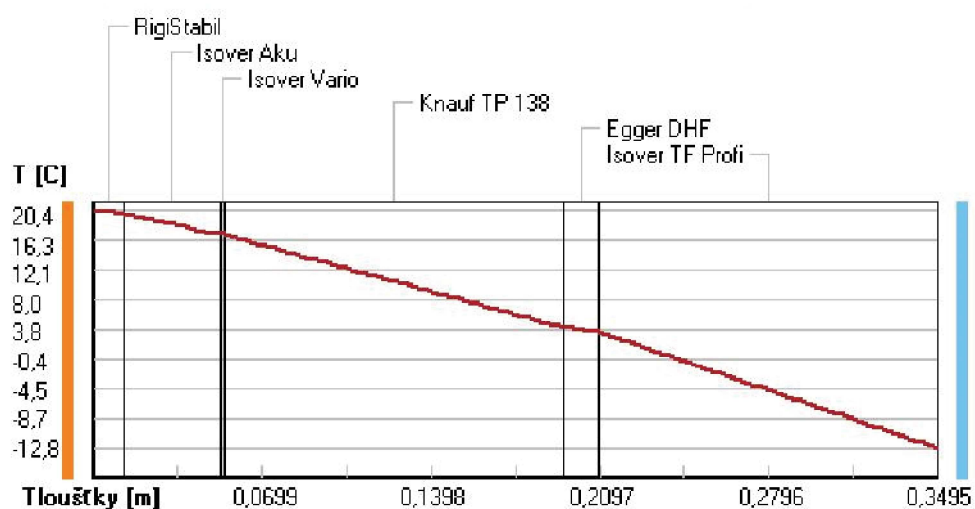
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

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

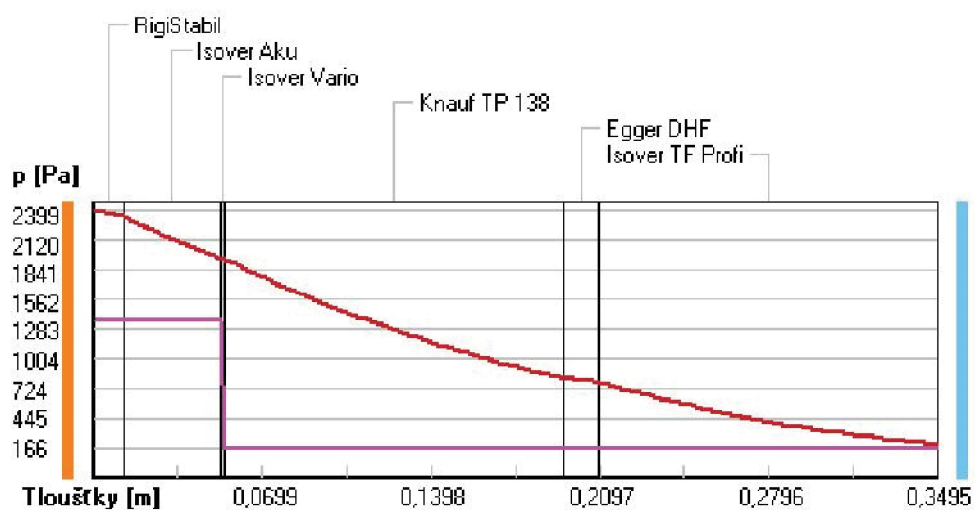
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	e
theta [C]:	20.4	20.0	17.1	17.1	4.1	3.5	-12.8
p [Pa]:	1367	1366	1366	171	168	167	166
p _{sat} [Pa]:	2399	2342	1947	1944	821	784	201

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.

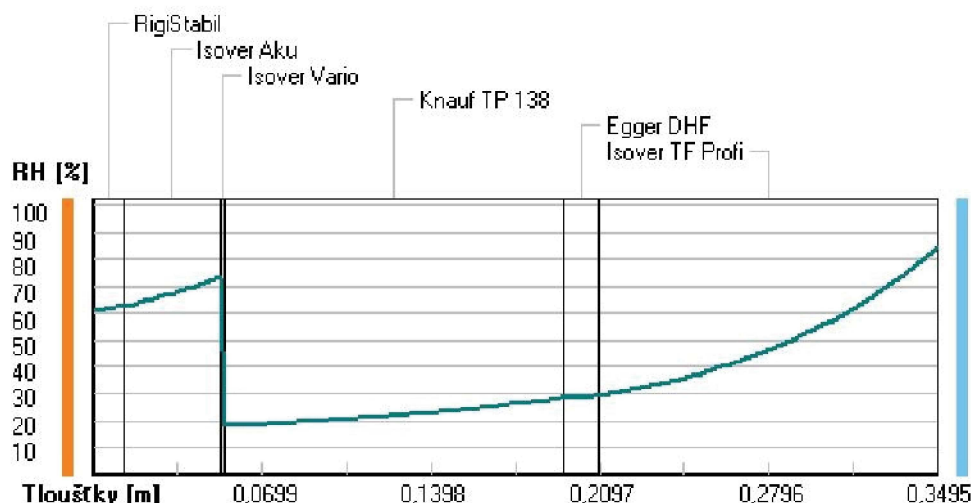
Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



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 nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 1.195E-0009 kg/(m².s)

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	RigiStabil	151	214	---	---	---
2	Isover Aku	---	303	62	---	---
3	Isover Vario	---	303	62	---	---
4	Knauf TP 138	273	92	---	---	---
5	Egger DHF	273	92	---	---	---
6	Isover TF Prof	---	---	306	59	---

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.

DVOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLOT A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

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

Area 2017 EDU

Název úlohy :

Varianta

Zpracovatel : TT 2017

Zakázka :

Datum : 19.04.2021

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -13.0 C

Teplota vzduchu v interiéru: 21.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 46

Počet vodorovných os: 49

Počet prvků: 4320

Počet uzlových bodů: 2254

Souřadnice os sítě - osa x [m] :

0.00000	0.07000	0.10461	0.12192	0.13057	0.13489	0.13706	0.13922	0.14000	0.14188
0.14375	0.14750	0.15500	0.17711	0.19922	0.25500	0.27500	0.28500	0.29000	0.29500
0.29700	0.30150	0.30600	0.31500	0.33700	0.34950	0.38266	0.41581	0.48213	0.61475
0.74738	0.88000	0.94000	1.01063	1.08125	1.15188	1.22250	1.29313	1.36375	1.43438
1.50500	1.56500	1.67375	1.78250	1.89125	2.00000				

Souřadnice os sítě - osa y [m] :

0.00000	0.07000	0.10500	0.12250	0.14000	0.14750	0.15125	0.15313	0.15500	0.15603
0.15820	0.16037	0.16472	0.17340	0.19077	0.22552	0.26026	0.27763	0.28631	0.29066
0.29500	0.29700	0.30200	0.30700	0.31700	0.33700	0.34950	0.35500	0.36383	0.37266
0.39031	0.42563	0.49625	0.63750	0.77875	0.92000	0.98000	1.00000	1.03406	1.06813
1.13625	1.27250	1.40875	1.54500	1.60500	1.70375	1.80250	1.90125	2.00000	

Zadané materiály :

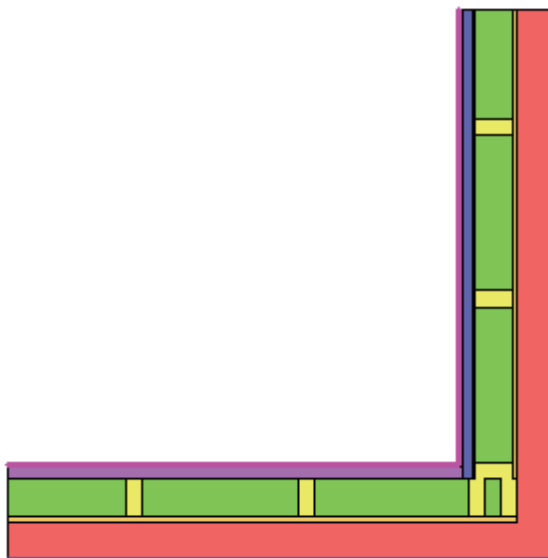
č.	Název	LambdaX	LambdaY	MiX	MiY	X1	X2	Y1	Y2
1	Isover TF Profi	0.038	0.038	1.000	1.000	1	9	1	49
2	Isover TF Profi	0.038	0.038	1.000	1.000	9	46	1	5
3	Egger DHF	0.100	0.100	11	11	9	13	21	49
4	Egger DHF	0.100	0.100	11	11	8	46	5	9
5	Knauf TP 138	0.035	0.035	3.200	3.200	13	20	28	49
6	Knauf TP 138	0.035	0.035	3.200	3.200	15	46	9	21
7	Isover Aku	0.056	0.056	1.000	1.000	21	25	22	49
8	Isover Aku	0.060	0.060	1.000	1.000	25	46	22	26
9	RigiStabil	0.142	0.142	12	12	25	26	26	49
10	RigiStabil	0.142	0.142	12	12	26	46	26	27
11	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	13	20	21	28
12	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	8	15	10	21
13	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	32	33	9	21
14	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	41	42	9	21
15	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	13	20	36	37
16	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	13	20	44	45
17	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	16	24	9	21
18	Isover Vario	0.350	0.350	100000	100000	20	21	21	49
19	Isover Vario	0.350	0.350	100000	100000	21	46	21	22

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: 46
Počet horizont. os: 49
Počet prvků: 4320

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	1252	2232	21.00	0.13	50.0	1.24	10.00
2	1252	1274	21.00	0.13	50.0	1.24	10.00
3	393	2206	-13.00	0.04	84.0	0.17	10.00
4	1	393	-13.00	0.04	84.0	0.17	10.00
5	1	49	-13.00	0.04	84.0	0.17	10.00

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.

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU :

TEPLOTY (ve stupních Celsia) :

	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37
49										
48										
47										
46										
45										
44										
43										
42										
41										
40										
39										
38										
37										
36										
35										
34										
33										
32										
31										
30										
29										
28										
27	20.50	20.50	20.51	20.48	20.26	20.26	20.45	20.50	20.51	20.51
26	20.16	20.17	20.17	20.13	19.76	19.75	20.08	20.17	20.18	20.18
25	18.88	18.89	18.90	18.82	17.84	17.80	18.71	18.90	18.93	18.93
24	18.24	18.25	18.27	18.18	16.87	16.79	18.04	18.28	18.30	18.30
23	17.92	17.93	17.96	17.86	16.38	16.27	17.71	17.96	17.99	17.99
22	17.60	17.62	17.64	17.55	15.88	15.75	17.39	17.65	17.68	17.68
21	17.58	17.59	17.62	17.53	15.85	15.71	17.37	17.63	17.66	17.65

28	-0.16	-0.60	-1.46	-3.14	-6.42	-12.86
27	-0.14	-0.58	-1.45	-3.15	-6.44	-12.86
26	-0.13	-0.59	-1.47	-3.19	-6.48	-12.86
25	-0.27	-0.72	-1.60	-3.31	-6.58	-12.86
24	-0.40	-0.83	-1.70	-3.39	-6.64	-12.86
23	-0.46	-0.89	-1.75	-3.44	-6.67	-12.87
22	-0.52	-0.95	-1.81	-3.49	-6.71	-12.87
21	-0.54	-0.97	-1.83	-3.51	-6.72	-12.87
20	-0.58	-1.03	-1.89	-3.56	-6.76	-12.87
19	-0.65	-1.09	-1.95	-3.61	-6.79	-12.87
18	-0.80	-1.23	-2.08	-3.73	-6.87	-12.87
17	-1.17	-1.58	-2.39	-3.99	-7.05	-12.87
16	-2.02	-2.39	-3.15	-4.64	-7.51	-12.88
15	-2.87	-3.25	-4.01	-5.46	-8.10	-12.90
14	-3.34	-3.77	-4.57	-5.99	-8.46	-12.90
13	-3.67	-4.15	-4.96	-6.31	-8.66	-12.91
12	-3.93	-4.41	-5.18	-6.48	-8.76	-12.91
11	-4.12	-4.57	-5.30	-6.57	-8.81	-12.91
10	-4.35	-4.74	-5.42	-6.66	-8.86	-12.91
9	-4.47	-4.82	-5.48	-6.70	-8.89	-12.91
8	-4.69	-4.97	-5.59	-6.78	-8.94	-12.91
7	-4.88	-5.12	-5.70	-6.86	-8.98	-12.91
6	-5.19	-5.40	-5.92	-7.02	-9.08	-12.92
5	-5.67	-5.89	-6.36	-7.34	-9.27	-12.92
4	-6.79	-6.96	-7.33	-8.11	-9.73	-12.93
3	-7.78	-7.92	-8.22	-8.86	-10.21	-12.94
2	-9.58	-9.67	-9.87	-10.28	-11.15	-12.96
1	-12.93	-12.93	-12.93	-12.94	-12.96	-13.00

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	21.0	0.13	50	18.65	15.18797	0.44671
2	-13.0	0.04	84	-13.00	-15.18793	0.44670

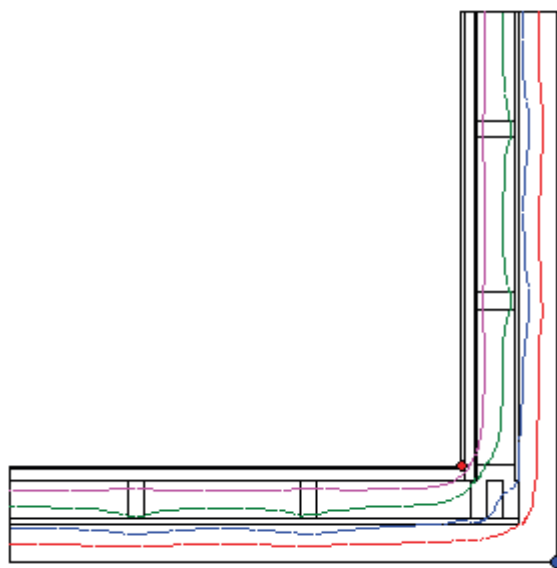
Vysvětlivky:

- 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:

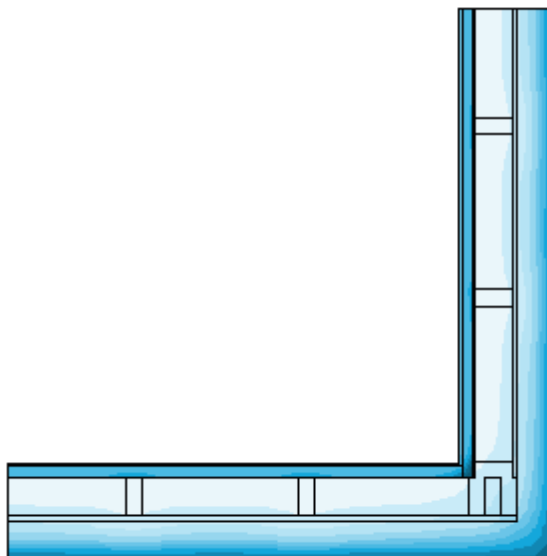
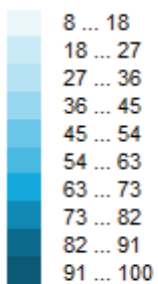
- -6,00 C
- 0,00 C
- 7,00 C
- 14,00 C

- ◆ Tsi=18,65 C
- ◆ Tsi=-13,00 C

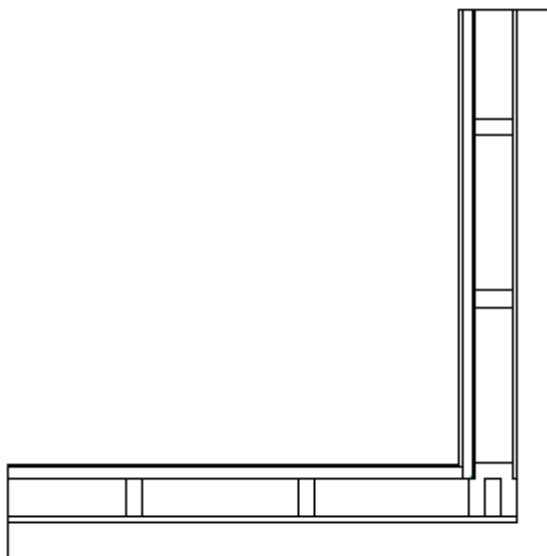


Množství vodní páry vstupující do konstrukce bylo stanoveno pro povrchy se souč. přestupu vodní páry $10 \cdot e^{-9}$ s/m. Množství vystupující z konstrukce pak pro povrchy se souč. přestupu vodní páry $20 \cdot e^{-9}$ s/m. Ostatní povrchy se ve výpočtu neuplatnily.

Rel. vlhkost [%]:



**Oblast kondenzace
vodní páry v detailu**



SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

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

Název kce	Typ	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10 [C]
01 - stávající...	stěna	8.146	0.120	nedochází ke kondenzaci v.p.		---

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 : **01 - stávající**
 Zpracovatel : TT 2017
 Zakázka :
 Datum : 10.03.2021

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	RigiStabil	0,0125	0,1420	960,0	840,0	12,0	0.0000
2	Egger OSB4 TOP	0,0150	0,1300	1700,0	620,0	200,0	0.0000
3	Isover EPS 100	0,1700	0,0480*	1366,0	50,4	50,0	0.0000
4	Egger OSB4 TOP	0,0150	0,1300	1700,0	620,0	200,0	0.0000
5	Isover EPS 150	0,1500	0,0350	1270,0	25,0	50,0	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	RigiStabil	---
2	Egger OSB4 TOP	---
3	Isover EPS 100	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.046 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.0400 m Tloušťka tepelných mostů: 0.1700 m Os. vzdálenost tep. mostů: 2.8000 m
4	Egger OSB4 TOP	---
5	Isover EPS 150	---

Výpočet bude proveden s uvažováním redistribuce vlhkosti.

Doplněná skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	Lambda,m [W/(m.K)]	u,23/80 [%]	W,c [kg/m2]	W,m [kg/m2]	Redistribuce
1	RigiStabil	---	0.00	0.00	0.00	ne
2	Egger OSB4 TOP	---	0.00	0.00	0.00	ne
3	Isover EPS 100	---	0.00	0.00	0.00	ne
4	Egger OSB4 TOP	---	0.00	0.00	0.00	ne
5	Isover EPS 150	---	0.00	0.00	0.00	ne

Poznámka: Lambda,m je tepelná vodivost vrstvy při jejím úplném nasycení vlhkostí, u23/80 je charakteristická hmotnostní vlhkost vrstvy, W,c je kritické množství vlhkosti ve vrstvě (hranice pro zahájení transportu kapalné fáze), W,m je max. možné množství vlhkosti ve vrstvě a redistribuce indikuje možnost šíření kapalné fáze ve vrstvě.

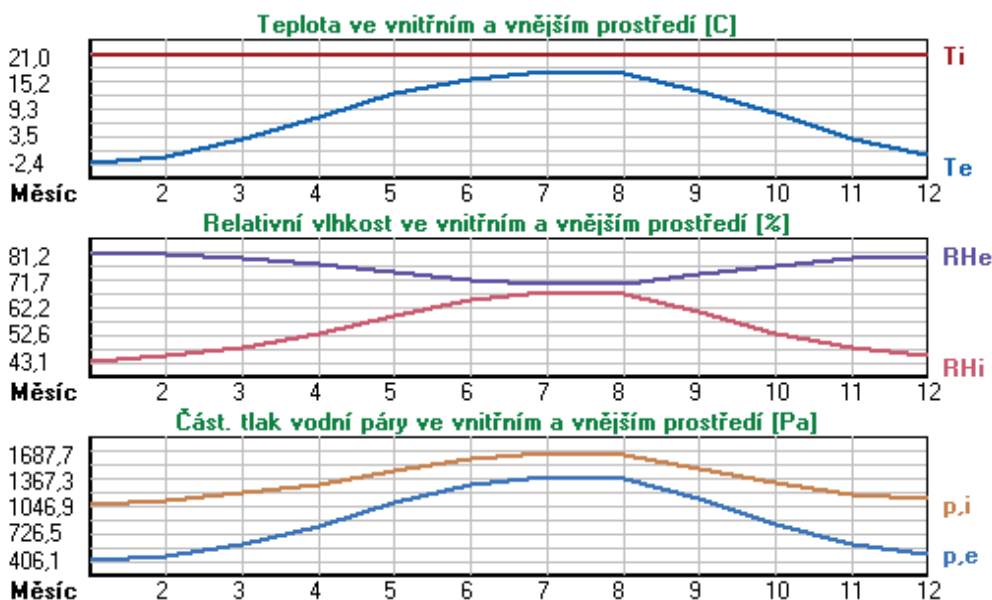
Okrajové podmínky výpočtu :

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 Te : -13.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
 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	21.0	43.1	1071.3	-2.4	81.2	406.1
2	28 672	21.0	45.1	1121.0	-0.9	80.8	457.9
3	31 744	21.0	48.3	1200.5	3.0	79.5	602.1
4	30 720	21.0	52.7	1309.9	7.7	77.5	814.1
5	31 744	21.0	59.5	1478.9	12.7	74.5	1093.5
6	30 720	21.0	65.0	1615.6	15.9	72.0	1300.1
7	31 744	21.0	67.9	1687.7	17.5	70.4	1407.2
8	31 744	21.0	66.9	1662.9	17.0	70.9	1373.1
9	30 720	21.0	60.5	1503.8	13.3	74.1	1131.2
10	31 744	21.0	53.3	1324.8	8.3	77.1	843.7
11	30 720	21.0	48.2	1198.1	2.9	79.5	597.9
12	31 744	21.0	45.6	1133.4	-0.6	80.7	468.9

Poznámka: Tai, RHl 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).



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 :

Teplný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplný odpor konstrukce R : 8.146 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.120 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.14 / 0.17 / 0.22 / 0.32 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} : 1.1E+0011 m/s
Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 255.8
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 T_{si,p} : 19.99 C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : 0.970

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si}=0,25 m²K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		T _{si} [C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
	T _{si} ,m[C]	f _{Rsi} ,m	T _{si} ,m[C]	f _{Rsi} ,m	T _{si} [C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
1	11.3	0.586	8.0	0.444	20.3	0.970	45.0
2	12.0	0.589	8.7	0.436	20.4	0.970	46.9
3	13.0	0.558	9.7	0.371	20.5	0.970	49.9
4	14.4	0.502	11.0	0.246	20.6	0.970	54.0
5	16.3	0.430	12.8	0.014	20.8	0.970	60.4
6	17.7	0.346	14.2	-----	20.8	0.970	65.6
7	18.4	0.245	14.8	-----	20.9	0.970	68.3
8	18.1	0.280	14.6	-----	20.9	0.970	67.4
9	16.5	0.419	13.1	-----	20.8	0.970	61.4
10	14.6	0.492	11.1	0.224	20.6	0.970	54.5
11	13.0	0.558	9.6	0.372	20.5	0.970	49.8
12	12.2	0.591	8.8	0.436	20.4	0.970	47.4

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

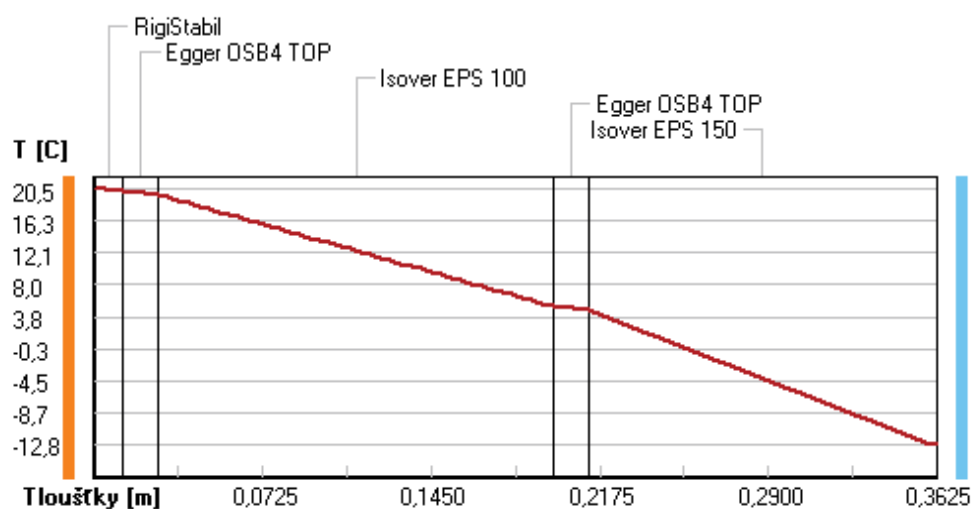
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

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

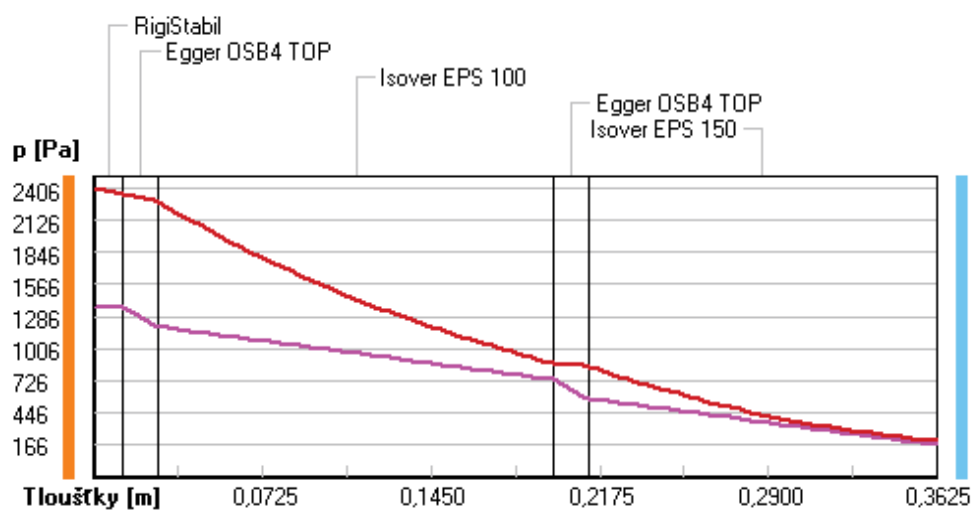
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	e
theta [C]:	20.5	20.1	19.6	5.2	4.7	-12.8
p [Pa]:	1367	1359	1196	736	573	166
p _{sat} [Pa]:	2406	2353	2285	881	853	201

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.

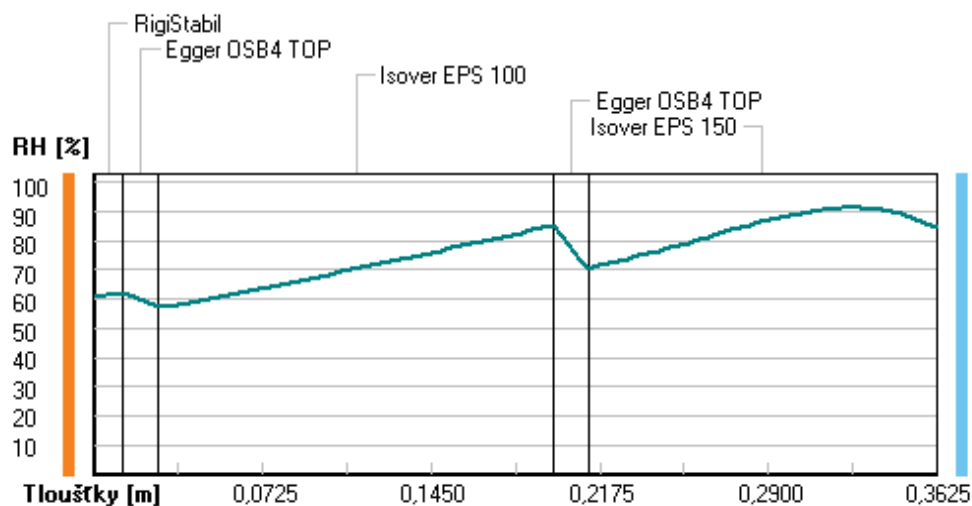
Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



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 nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 1.084E-0008 kg/(m².s)

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	RigiStabil	212	153	---	---	---
2	Egger OSB4 TOP	212	153	---	---	---
3	Isover EPS 100	59	306	---	---	---
4	Egger OSB4 TOP	59	306	---	---	---

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.

DVOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLOT A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

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

Area 2017 EDU

Název úlohy : **SIPs - stávající**

Varianta

Zpracovatel : TT 2017

Zakázka :

Datum : 08.04.2021

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -13.0 C

Teplota vzduchu v interiéru: 21.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 50

Počet vodorovných os: 50

Počet prvků: 4802

Počet uzlových bodů: 2500

Souřadnice os sítě - osa x [m] :

0.00000	0.07500	0.11250	0.13125	0.15000	0.15750	0.16125	0.16313	0.16406	0.16500
0.16528	0.16622	0.16716	0.16903	0.17278	0.18028	0.20778	0.23528	0.26278	0.29028
0.29764	0.30132	0.30316	0.30408	0.30500	0.30528	0.30620	0.30712	0.30896	0.31264
0.32000	0.33250	0.36000	0.44938	0.53875	0.71750	0.89625	1.07500	1.19875	1.32250
1.44625	1.50813	1.57000	1.59000	1.61000	1.65875	1.70750	1.80500	1.90250	2.00000

Souřadnice os sítě - osa y [m] :

0.00000	0.07500	0.11250	0.13125	0.14063	0.14531	0.14766	0.14883	0.15000	0.15050
0.15141	0.15231	0.15413	0.15775	0.16500	0.18000	0.19050	0.21538	0.24025	0.26513
0.29000	0.30500	0.32000	0.33250	0.35336	0.37422	0.41594	0.49938	0.58281	0.66625
0.74969	0.83313	0.91656	1.00000	1.10013	1.20025	1.30038	1.35044	1.40050	1.42050
1.44050	1.47547	1.51044	1.58038	1.65031	1.72025	1.79019	1.86013	1.93006	2.00000

Zadané materiály :

č.	Název	LambdaX	LambdaY	MiX	MiY	X1	X2	Y1	Y2
1	Isover EPS 150	0.035	0.035	50	50	1	5	1	50
2	Isover EPS 150	0.035	0.035	50	50	5	50	1	9
3	Egger OSB4 TOP	0.130	0.130	200	200	5	10	9	40
4	Egger OSB4 TOP	0.130	0.130	200	200	31	44	9	15
5	Isover EPS 100	0.037	0.037	50	50	33	50	15	22
6	Isover EPS 100	0.037	0.037	50	50	11	26	17	50
7	Egger OSB4 TOP	0.130	0.130	200	200	25	31	9	40
8	Egger OSB4 TOP	0.130	0.130	200	200	31	44	22	23
9	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	31	33	15	22
10	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	11	26	10	17
11	Egger OSB4 TOP	0.130	0.130	200	200	43	45	15	16
12	Egger OSB4 TOP	0.130	0.130	200	200	43	45	21	22
13	Isover EPS 100	0.037	0.037	50	50	43	45	16	21
14	Egger OSB4 TOP	0.130	0.130	200	200	20	26	39	41
15	Egger OSB4 TOP	0.130	0.130	200	200	11	16	39	41
16	Isover EPS 100	0.037	0.037	50	50	16	20	39	41
17	Egger OSB4 TOP	0.130	0.130	200	200	44	50	22	23
18	Egger OSB4 TOP	0.130	0.130	200	200	44	50	9	15
19	Egger OSB4 TOP	0.130	0.130	200	200	5	10	40	50
20	Egger OSB4 TOP	0.130	0.130	200	200	25	31	40	50
21	RigiStabil	0.142	0.142	12	12	31	32	23	50
22	RigiStabil	0.142	0.142	12	12	32	50	23	24

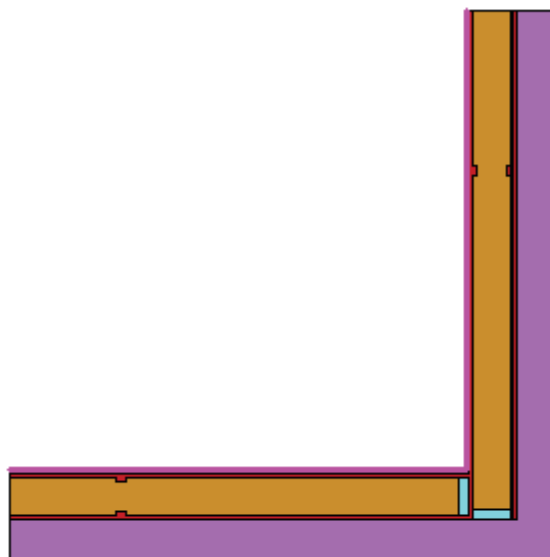
Poznámka: LambdaX a LambdaY jsou návrhové hodnoty tepelné vodivosti materiálu ve směru osy X a Y ve W/(m.K);
Mix a MiY jsou návrhové faktory difúzního odporu materiálu ve směru osy X a Y; X1 a X2 jsou čísla os

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

**Geometrie detailu
a zadané podmínky:**

Počet vertik. os: 50
Počet horizont. os: 50
Počet prvků: 4802

Teplota	Odpor R_s
≤ 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]	R_s [m2K/W]	RH [%]	P [kPa]	h,p [s/m]
1	1574	2474	21.00	0.13	50.0	1.24	10.00
2	1574	1600	21.00	0.13	50.0	1.24	10.00
3	201	2451	-13.00	0.04	84.0	0.17	20.00
4	1	201	-13.00	0.04	84.0	0.17	20.00
5	1	50	-13.00	0.04	84.0	0.17	20.00

Poznámka: R_s 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.

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU :

TEPLOTY (ve stupních Celsia) :

	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41
50										
49										
48										
47										
46										
45										
44										
43										
42										
41										
40										
39										
38										
37										
36										
35										
34										
33										
32										
31										
30										
29										
28										
27										
26										
25										
24	20.48	20.48	20.49	20.49	20.49	20.44	20.42	20.44	20.49	20.49
23	20.14	20.14	20.14	20.14	20.14	20.06	20.03	20.07	20.14	20.14
22	19.68	19.68	19.68	19.69	19.69	19.57	19.47	19.58	19.69	19.69
21	18.07	18.07	18.08	18.09	18.15	18.60	18.79	18.57	18.13	18.09

23	-12.60	-12.60	-12.60	-12.60	-12.60	-12.60	-12.63	-12.67	-12.76	-13.00
22	-12.55	-12.55	-12.55	-12.55	-12.55	-12.55	-12.58	-12.63	-12.73	-13.00
21	-12.49	-12.49	-12.49	-12.49	-12.49	-12.50	-12.53	-12.58	-12.70	-12.99
20	-12.38	-12.38	-12.38	-12.38	-12.38	-12.39	-12.44	-12.50	-12.65	-12.99
19	-12.25	-12.25	-12.25	-12.25	-12.25	-12.25	-12.32	-12.40	-12.58	-12.99
18	-12.08	-12.08	-12.08	-12.08	-12.08	-12.09	-12.18	-12.28	-12.52	-12.99
17	-11.87	-11.87	-11.87	-11.87	-11.87	-11.88	-12.01	-12.15	-12.45	-12.99
16	-11.76	-11.76	-11.76	-11.76	-11.76	-11.77	-11.93	-12.09	-12.42	-12.99
15	-11.57	-11.57	-11.57	-11.57	-11.58	-11.60	-11.80	-12.01	-12.39	-12.99
14	-11.46	-11.46	-11.46	-11.46	-11.48	-11.51	-11.74	-11.97	-12.37	-12.99
13	-11.39	-11.39	-11.39	-11.40	-11.43	-11.47	-11.72	-11.96	-12.37	-12.99
12	-11.34	-11.34	-11.35	-11.37	-11.40	-11.45	-11.70	-11.95	-12.36	-12.99
11	-11.30	-11.31	-11.32	-11.35	-11.39	-11.44	-11.69	-11.94	-12.36	-12.99
10	-11.26	-11.28	-11.30	-11.33	-11.38	-11.43	-11.69	-11.94	-12.36	-12.99
9	-11.22	-11.26	-11.29	-11.32	-11.37	-11.42	-11.68	-11.94	-12.36	-12.99
8	-11.08	-11.15	-11.19	-11.25	-11.32	-11.40	-11.67	-11.93	-12.36	-12.99
7	-11.00	-11.06	-11.11	-11.19	-11.28	-11.38	-11.66	-11.93	-12.36	-12.99
6	-10.90	-10.95	-11.00	-11.08	-11.20	-11.34	-11.65	-11.92	-12.35	-12.99
5	-10.77	-10.81	-10.85	-10.93	-11.06	-11.26	-11.61	-11.90	-12.35	-12.99
4	-10.63	-10.67	-10.71	-10.78	-10.91	-11.14	-11.55	-11.87	-12.34	-12.99
3	-10.60	-10.63	-10.66	-10.72	-10.84	-11.07	-11.51	-11.86	-12.35	-12.99
2	-11.03	-11.06	-11.08	-11.12	-11.21	-11.38	-11.74	-12.03	-12.46	-12.99
1	-12.96	-12.96	-12.96	-12.97	-12.97	-12.97	-12.98	-12.98	-12.99	-13.00

NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

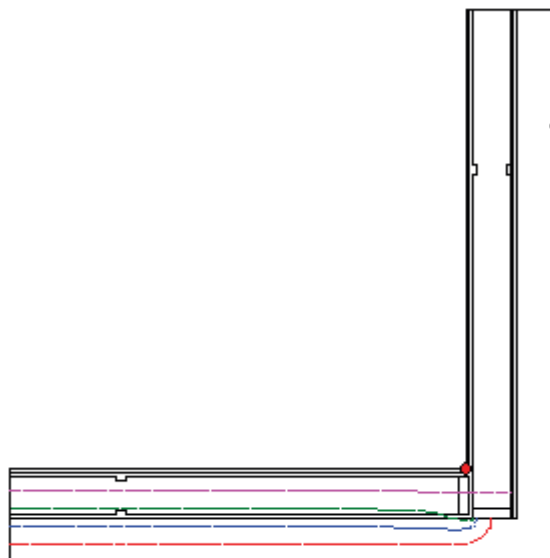
Prostředí	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	21.0	0.13	50	19.82	7.24479	0.21308
2	-13.0	0.04	84	-13.00	-7.24472	0.21308

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:

- -6,00 C
 - 1,00 C
 - 7,00 C
 - 14,00 C
- ◆ Tsi=19,82 C
◆ Tsi=-13,00 C



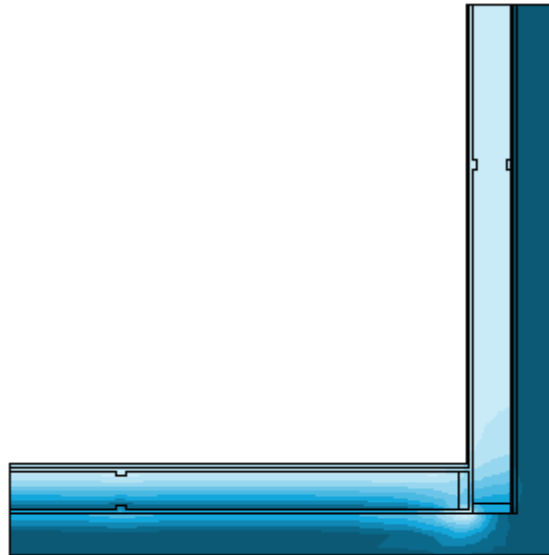
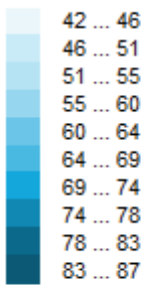
NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty, TEPLOTNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:

Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	10.18	19.82	0.965	ne	---	---
2	-14.90	-13.00	1.000	ne	---	---

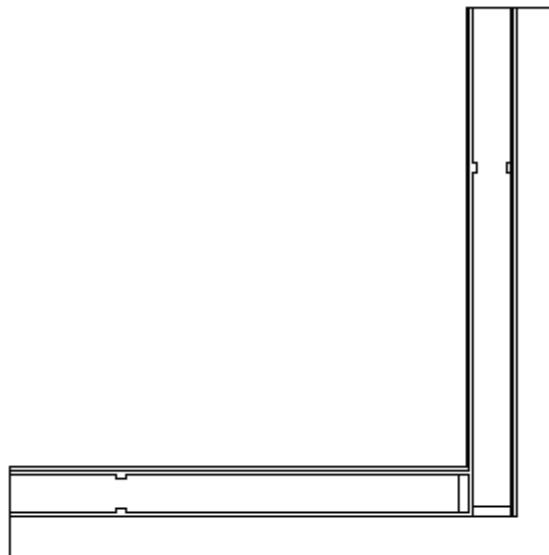
Vysvětlivky:

Tw	teplota rosného bodu v daném prostředí [C] - lze určit jen pro teploty do 100 C
----	---

Rel. vlhkost [%]:



**Oblast kondenzace
vodní páry v detailu**



SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

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

Název kce	Typ	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10 [C]
02 - stávající...	stěna	5.217	0.186	nedochází ke kondenzaci v.p.		---

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

Teplota 2017 EDU

Název úlohy : **02 - stávající**
 Zpracovatel : Tomáš Harigel
 Zakázka :
 Datum : 15.03.2021

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	BIO deska	0,0270	0,1800	2510,0	400,0	157,0	0.0000
2	CLT	0,0810	0,1800	2510,0	400,0	157,0	0.0000
3	STEICO therm d	0,1800	0,0390	2100,0	110,0	3,0	0.0000
4	Dekten fassade	0,0004	0,3500	1470,0	400,0	225,0	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	BIO deska	---
2	CLT	---
3	STEICO therm dry	---
4	Dekten fassade II	---

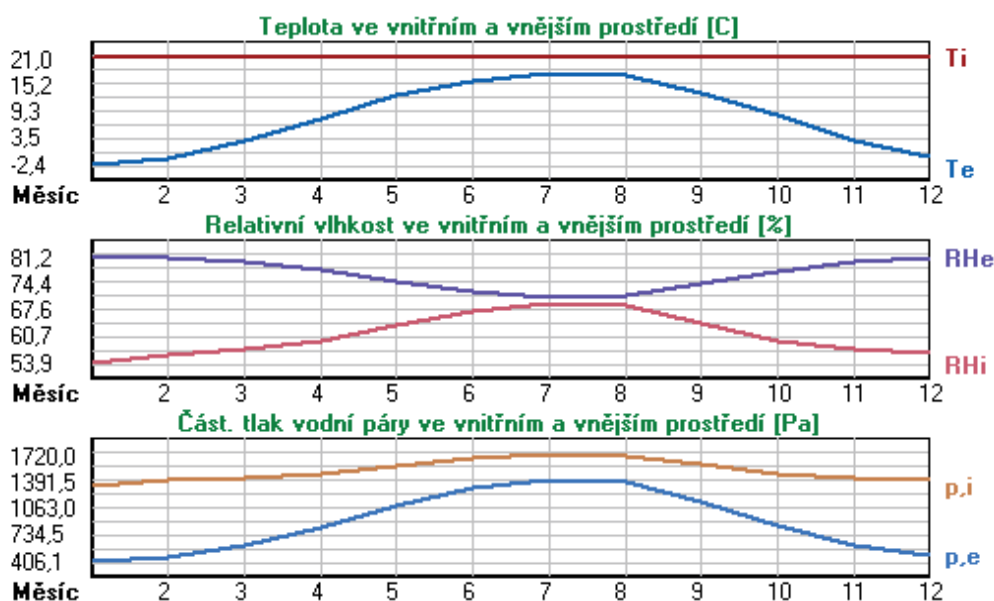
Okrajové podmínky výpočtu :

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 Te : -13.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]	
1	31	744	21.0	53.9	1339.7	-2.4	81.2	406.1
2	28	672	21.0	56.0	1391.9	-0.9	80.8	457.9
3	31	744	21.0	57.5	1429.2	3.0	79.5	602.1
4	30	720	21.0	59.3	1473.9	7.7	77.5	814.1
5	31	744	21.0	63.4	1575.9	12.7	74.5	1093.5
6	30	720	21.0	67.2	1670.3	15.9	72.0	1300.1
7	31	744	21.0	69.2	1720.0	17.5	70.4	1407.2
8	31	744	21.0	68.5	1702.6	17.0	70.9	1373.1
9	30	720	21.0	64.1	1593.3	13.3	74.1	1131.2
10	31	744	21.0	59.7	1483.9	8.3	77.1	843.7
11	30	720	21.0	57.5	1429.2	2.9	79.5	597.9
12	31	744	21.0	56.5	1404.4	-0.6	80.7	468.9

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).



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 :

Teplotný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplotný odpor konstrukce R : 5.217 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.186 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.21 / 0.24 / 0.29 / 0.39 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} : 9.3E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 263.6

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 14.0 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 19.46 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : 0.955

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si}=0,25 m²K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:	Vypočtené hodnoty
-----	80% ----- 100% -----	

	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi[C]	f,Rsi	RHsi[%]
1	14.7	0.732	11.3	0.586	19.9	0.955	57.5
2	15.3	0.741	11.9	0.584	20.0	0.955	59.5
3	15.7	0.707	12.3	0.516	20.2	0.955	60.5
4	16.2	0.640	12.8	0.381	20.4	0.955	61.5
5	17.3	0.550	13.8	0.131	20.6	0.955	64.9
6	18.2	0.449	14.7	-----	20.8	0.955	68.2
7	18.7	0.331	15.1	-----	20.8	0.955	69.9
8	18.5	0.374	15.0	-----	20.8	0.955	69.3
9	17.4	0.538	14.0	0.085	20.7	0.955	65.5
10	16.3	0.632	12.9	0.360	20.4	0.955	61.9
11	15.7	0.709	12.3	0.519	20.2	0.955	60.5
12	15.5	0.743	12.0	0.585	20.0	0.955	60.0

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

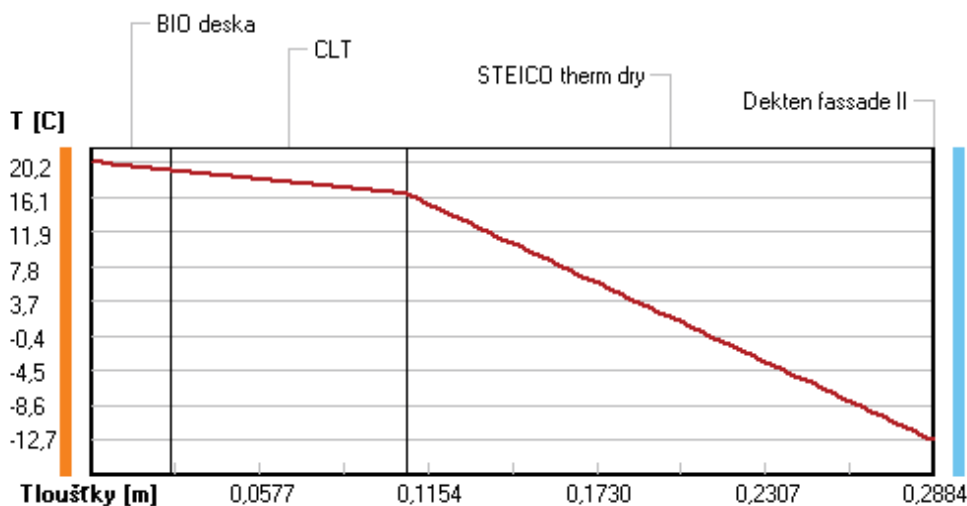
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

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

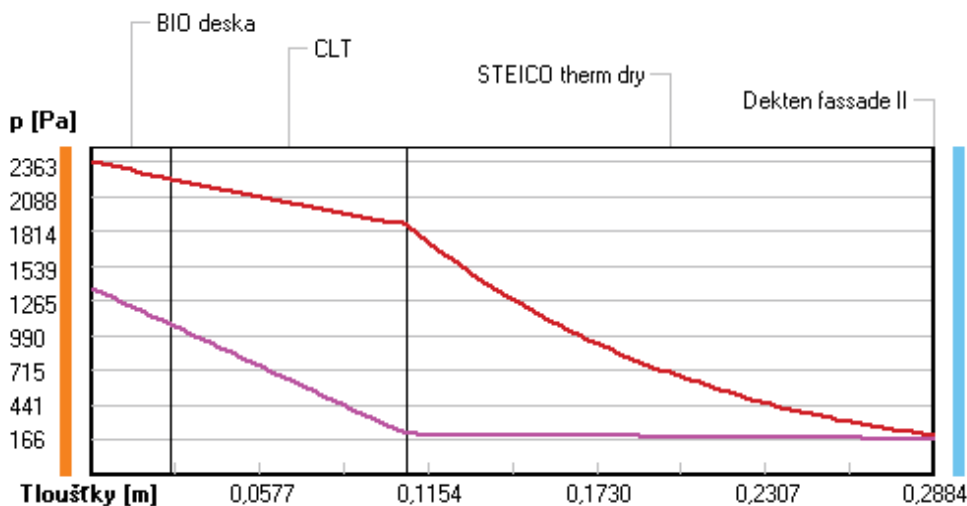
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	e
theta [C]:	20.2	19.2	16.4	-12.7	-12.7
p [Pa]:	1367	1078	209	172	166
p,sat [Pa]:	2363	2228	1863	203	203

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.

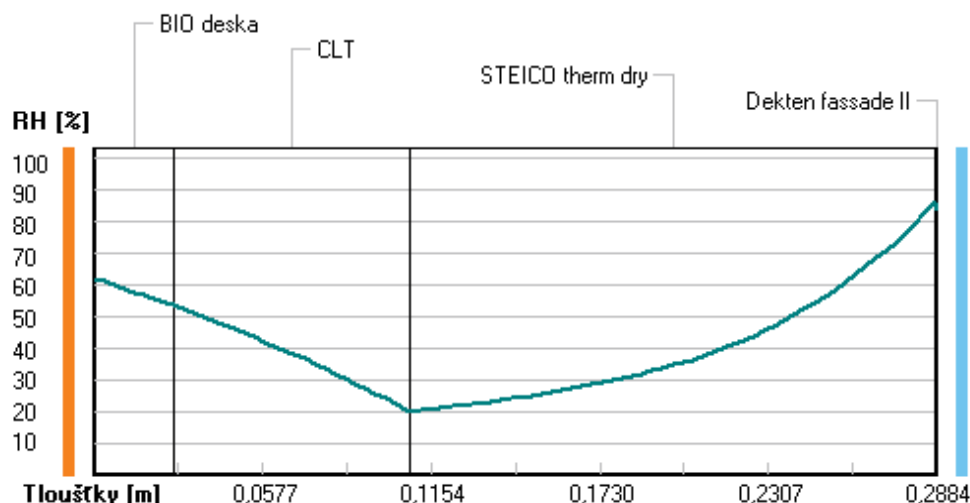
Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



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 nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 1.365E-0008 kg/(m².s)

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	BIO deska	151	214	---	---	---
2	CLT	212	153	---	---	---
3	STEICO therm d	---	---	275	90	---
4	Dekten fassade	---	---	275	90	---

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.

DVOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLOT A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

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

Area 2017 EDU

Název úlohy : **CLT**
 Varianta
 Zpracovatel : TT 2017
 Zakázka :
 Datum : 08.04.2021

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -13.0 C
 Teplota vzduchu v interiéru: 21.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 31
 Počet vodorovných os: 38
 Počet prvků: 2220
 Počet uzlových bodů: 1178

Souřadnice os sítě - osa x [m] :

0.00000	0.00400	0.00963	0.01525	0.02650	0.04900	0.09400	0.18400	0.22450	0.26500
0.28600	0.31284	0.33969	0.39338	0.50075	0.60813	0.71550	0.82288	0.93025	1.03763
1.14500	1.19869	1.25238	1.35975	1.46713	1.52081	1.57450	1.68188	1.78925	1.89663
2.00400									

Souřadnice os sítě - osa y [m] :

0.00000	0.00400	0.00963	0.01525	0.02650	0.04900	0.09400	0.13900	0.18400	0.22450
0.26500	0.28600	0.30844	0.33088	0.37575	0.46550	0.55525	0.64500	0.73475	0.82450
0.91425	1.00400	1.06650	1.12900	1.19150	1.25400	1.31650	1.37900	1.44150	1.50400
1.56650	1.62900	1.69150	1.75400	1.81650	1.87900	1.94150	2.00400		

Zadané materiály :

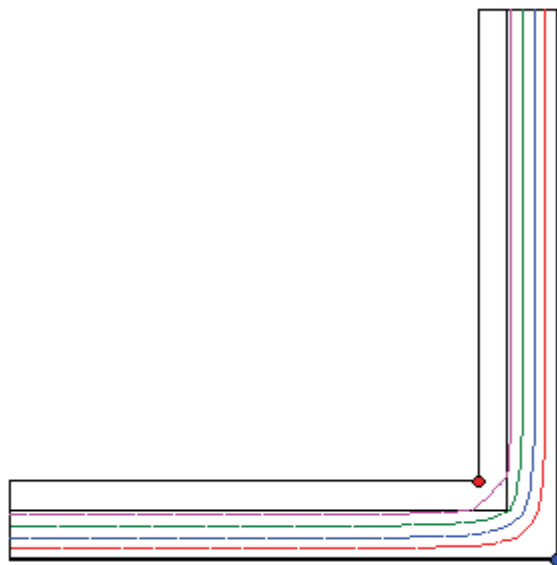
č.	Název	LambdaX	LambdaY	MiX	MiY	X1	X2	Y1	Y2
1	STEICO therm dr	0.039	0.039	3.000	3.000	2	8	2	38
2	STEICO therm dr	0.039	0.039	3.000	3.000	8	31	2	9
3	Dekten fassade	0.350	0.350	225	225	1	31	1	2
4	Dekten fassade	0.350	0.350	225	225	1	2	2	38
5	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	8	10	9	38
6	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	10	31	9	11
7	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	10	11	11	38
8	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	11	31	11	12

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.

Izotermy:

- -6,00 C
- 0,00 C
- 7,00 C
- 14,00 C

- Tsi=18,56 C
- ◆ Tsi=-13,00 C

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

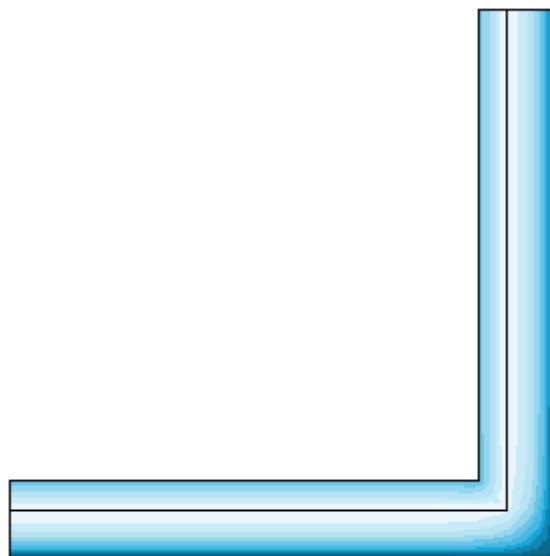
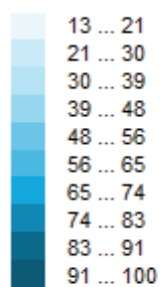
Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	10.18	18.56	0.928	ne	---	---
2	-14.90	-13.00	1.000	ne	---	---

Vysvětlivky:

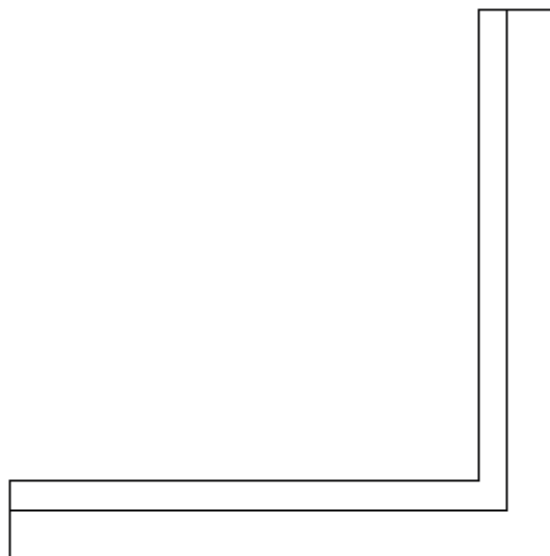
- Tw teplota rosného bodu v daném prostředí [C] - lze určit jen pro teploty do 100 C
- Ts,min minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]
- f,Rsi teplotní faktor dle ČSN 730540, EN ISO 10211 a EN ISO 13788 [-]
- [rozdíl minimální povrchové teploty a vnější teploty podělený rozdílem vnitřní (21.0 C) a vnější (-13.0 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 = -13.0 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.

Rel. vlhkost [%]:



Oblast kondenzace
vodní páry v detailu



SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

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

Název kce	Typ	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10 [C]
06 - stávající...	stěna	4.743	0.204	nedochází ke kondenzaci v.p.		---

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

Teplota 2017 EDU

Název úlohy : **06 - stávající**
 Zpracovatel : TT 2017
 Zakázka :
 Datum : 31.03.2021

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	Dřevo měkké (t	0,2650	0,1800	2510,0	400,0	157,0	0.0000
2	Isover Vario	0,0002	0,3500	1470,0	60,0	100000,0	0.0000
3	STEICO univers	0,1200	0,0580*	2126,2	278,3	5,0	0.0000
4	STEICO univers	0,0600	0,0500	2100,0	270,0	5,0	0.0000
5	Dekten facade	0,0004	0,3500	1470,0	400,0	225,0	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	Dřevo měkké (tok kolmo k vláknům)	---
2	Isover Vario	---
3	STEICO universal	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.050 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.0400 m Tloušťka tepelných mostů: 0.1200 m Os. vzdálenost tep. mostů: 0.6250 m
4	STEICO universal	---
5	Dekten facade II	---

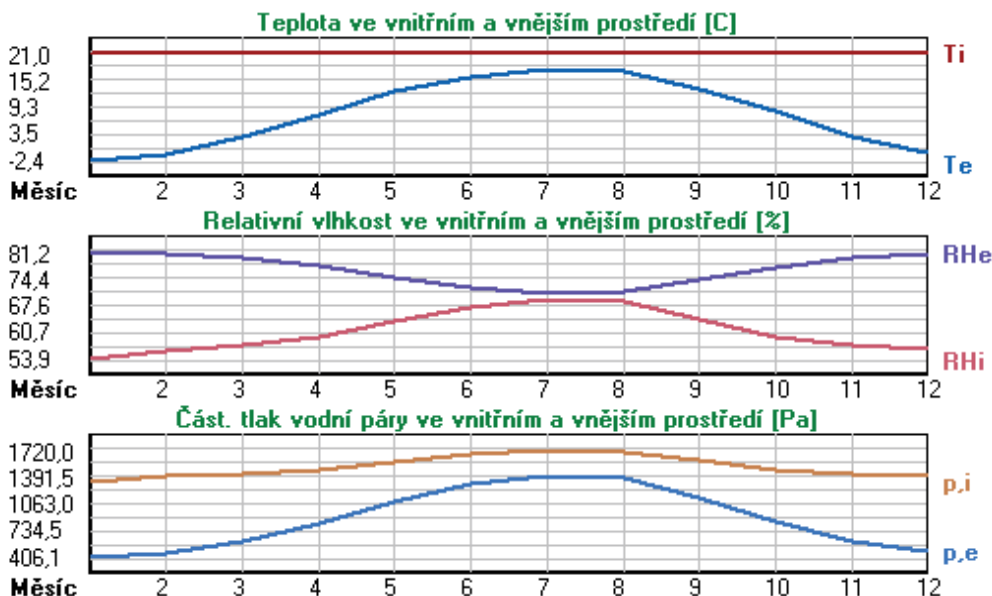
Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} : 0.13 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{si} : 0.25 m²K/W
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R_{se} : 0.04 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{se} : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota T_e : -13.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 21.0 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	21.0	53.9	1339.7	-2.4	81.2	406.1
2	28	672	21.0	56.0	1391.9	-0.9	80.8	457.9
3	31	744	21.0	57.5	1429.2	3.0	79.5	602.1
4	30	720	21.0	59.3	1473.9	7.7	77.5	814.1
5	31	744	21.0	63.4	1575.9	12.7	74.5	1093.5
6	30	720	21.0	67.2	1670.3	15.9	72.0	1300.1
7	31	744	21.0	69.2	1720.0	17.5	70.4	1407.2
8	31	744	21.0	68.5	1702.6	17.0	70.9	1373.1
9	30	720	21.0	64.1	1593.3	13.3	74.1	1131.2
10	31	744	21.0	59.7	1483.9	8.3	77.1	843.7
11	30	720	21.0	57.5	1429.2	2.9	79.5	597.9
12	31	744	21.0	56.5	1404.4	-0.6	80.7	468.9

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).



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 : 4.743 m²K/W
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.204 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.22 / 0.25 / 0.30 / 0.40 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} : 3.3E+0011 m/s

Teplotní útlum konstrukce N_y^* podle EN ISO 13786 : 3927.3

Fázový posun teplotního kmitu Ψ_i^* podle EN ISO 13786 : 2.0 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$: 19.31 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: 0.950

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_{Rsi}	$RH_{si}[\%]$
	$T_{si,m}[C]$	$f_{Rsi,m}$	$T_{si,m}[C]$	$f_{Rsi,m}$			
1	14.7	0.732	11.3	0.586	19.8	0.950	57.9
2	15.3	0.741	11.9	0.584	19.9	0.950	59.9
3	15.7	0.707	12.3	0.516	20.1	0.950	60.8
4	16.2	0.640	12.8	0.381	20.3	0.950	61.8
5	17.3	0.550	13.8	0.131	20.6	0.950	65.0
6	18.2	0.449	14.7	-----	20.7	0.950	68.3
7	18.7	0.331	15.1	-----	20.8	0.950	69.9
8	18.5	0.374	15.0	-----	20.8	0.950	69.3
9	17.4	0.538	14.0	0.085	20.6	0.950	65.6
10	16.3	0.632	12.9	0.360	20.4	0.950	62.1
11	15.7	0.709	12.3	0.519	20.1	0.950	60.8
12	15.5	0.743	12.0	0.585	19.9	0.950	60.4

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

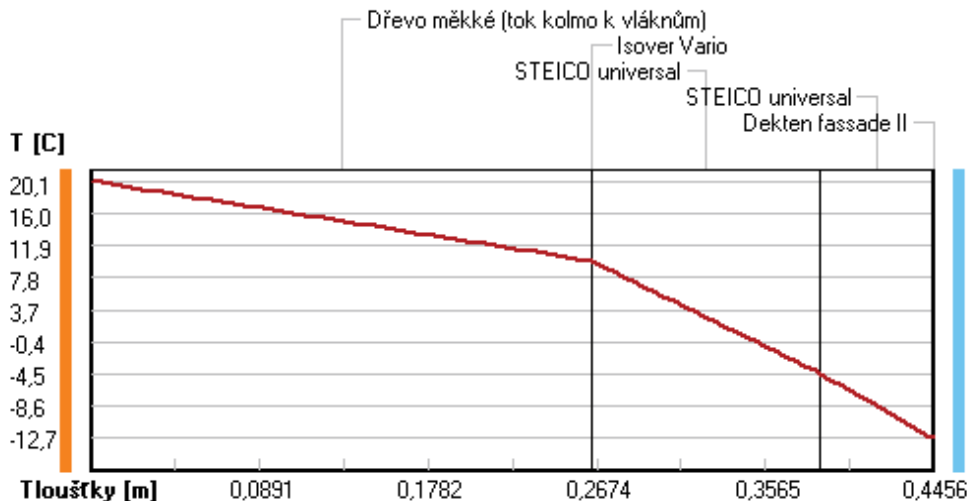
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

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

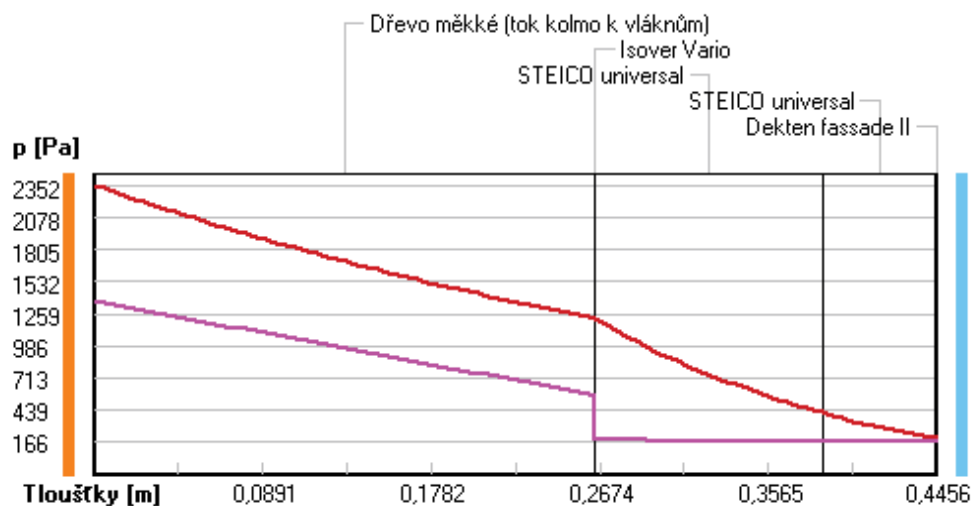
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	e
theta [C]:	20.1	9.9	9.9	-4.4	-12.7	-12.7
p [Pa]:	1367	569	185	174	168	166
p,sat [Pa]:	2352	1220	1220	422	203	203

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.

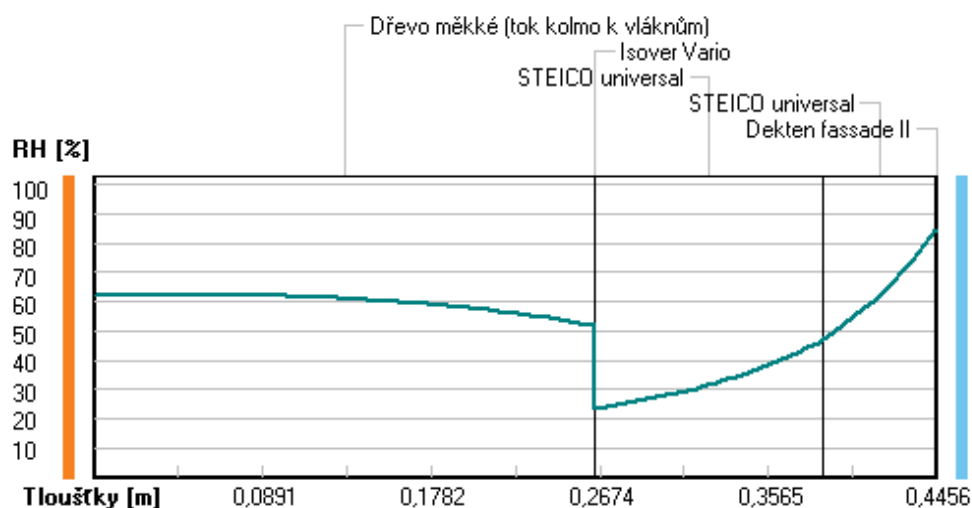
Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



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 nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : $3.837E-0009$ kg/(m².s)

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	Dřevo měkké (t	151	214	---	---	---
2	Isover Vario	243	122	---	---	---
3	STEICO univers	151	214	---	---	---
4	STEICO univers	---	---	334	31	---
5	Dekten fassade	---	---	334	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

DVOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLOT A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

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

Area 2017 EDU

Název úlohy : **Roubenka**

Varianta

Zpracovatel : TT 2017

Zakázka :

Datum : 09.04.2021

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -13.0 C

Teplota vzduchu v interiéru: 21.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 46

Počet vodorovných os: 46

Počet prvků: 4050

Počet uzlových bodů: 2116

Souřadnice os sítě - osa x [m] :

0.00000	0.00400	0.01150	0.01900	0.03400	0.06400	0.12400	0.15400	0.16900	0.17650
0.18025	0.18400	0.18600	0.18807	0.19014	0.19428	0.20256	0.21913	0.25225	0.31850
0.38475	0.45100	0.52013	0.58925	0.65838	0.72750	0.79663	0.86575	0.93488	1.00400
1.06650	1.12900	1.19150	1.25400	1.31650	1.37900	1.44150	1.50400	1.56650	1.62900
1.69150	1.75400	1.81650	1.87900	1.94150	2.00400				

Souřadnice os sítě - osa y [m] :

0.00000	0.00400	0.01150	0.01900	0.03400	0.06400	0.12400	0.15400	0.16900	0.17650
0.18025	0.18400	0.18600	0.18807	0.19014	0.19428	0.20256	0.21913	0.25225	0.31850
0.38475	0.45100	0.51963	0.58825	0.65688	0.72550	0.79413	0.86275	0.93138	1.00000
1.06250	1.12500	1.18750	1.25000	1.31250	1.37500	1.43750	1.50000	1.56250	1.62500
1.68750	1.75000	1.81250	1.87500	1.93750	2.00000				

Zadané materiály :

č.	Název	LambdaX	LambdaY	MiX	MiY	X1	X2	Y1	Y2
1	Folie PVC	0.160	0.160	16700	16700	1	2	1	46
2	Folie PVC	0.160	0.160	16700	16700	2	46	1	2
3	STEICO universa	0.050	0.050	5.000	5.000	2	6	2	46
4	STEICO universa	0.050	0.050	5.000	5.000	6	46	2	6
5	STEICO universa	0.050	0.050	5.000	5.000	6	12	6	46
6	STEICO universa	0.050	0.050	5.000	5.000	12	46	6	12
7	Isover Vario	0.350	0.350	100000	100000	12	13	12	46
8	Isover Vario	0.350	0.350	100000	100000	13	46	12	13
9	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	13	22	13	46
10	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	22	46	13	22

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.

44	-4.84	-8.71	-10.65	-11.61	-12.58	-12.74
43	-4.84	-8.71	-10.65	-11.61	-12.58	-12.74
42	-4.84	-8.71	-10.65	-11.61	-12.58	-12.74
41	-4.84	-8.71	-10.65	-11.61	-12.58	-12.74
40	-4.85	-8.71	-10.65	-11.61	-12.58	-12.74
39	-4.85	-8.71	-10.65	-11.61	-12.58	-12.74
38	-4.85	-8.71	-10.65	-11.61	-12.58	-12.74
37	-4.85	-8.72	-10.65	-11.61	-12.58	-12.74
36	-4.85	-8.72	-10.65	-11.62	-12.58	-12.74
35	-4.86	-8.72	-10.65	-11.62	-12.58	-12.74
34	-4.86	-8.72	-10.65	-11.62	-12.58	-12.74
33	-4.87	-8.73	-10.65	-11.62	-12.58	-12.74
32	-4.88	-8.73	-10.66	-11.62	-12.58	-12.74
31	-4.90	-8.74	-10.66	-11.62	-12.58	-12.74
30	-4.92	-8.75	-10.67	-11.63	-12.58	-12.74
29	-4.95	-8.77	-10.68	-11.63	-12.59	-12.75
28	-5.01	-8.80	-10.69	-11.64	-12.59	-12.75
27	-5.09	-8.84	-10.72	-11.66	-12.59	-12.75
26	-5.20	-8.90	-10.75	-11.68	-12.60	-12.75
25	-5.36	-8.99	-10.80	-11.70	-12.61	-12.76
24	-5.59	-9.11	-10.86	-11.74	-12.62	-12.77
23	-5.89	-9.27	-10.95	-11.79	-12.64	-12.78
22	-6.29	-9.48	-11.07	-11.86	-12.66	-12.79
21	-6.76	-9.73	-11.20	-11.94	-12.68	-12.80
20	-7.35	-10.04	-11.38	-12.04	-12.71	-12.82
19	-8.10	-10.44	-11.59	-12.17	-12.75	-12.85
18	-8.57	-10.69	-11.73	-12.25	-12.77	-12.86
17	-8.84	-10.83	-11.81	-12.30	-12.79	-12.87
16	-8.98	-10.90	-11.85	-12.32	-12.80	-12.87
15	-9.06	-10.94	-11.87	-12.34	-12.80	-12.88
14	-9.09	-10.96	-11.88	-12.34	-12.80	-12.88
13	-9.13	-10.98	-11.89	-12.35	-12.80	-12.88
12	-9.17	-11.00	-11.90	-12.35	-12.81	-12.88
11	-9.24	-11.04	-11.92	-12.37	-12.81	-12.88
10	-9.31	-11.07	-11.94	-12.38	-12.81	-12.88
9	-9.45	-11.15	-11.98	-12.40	-12.82	-12.89
8	-9.74	-11.30	-12.07	-12.45	-12.83	-12.90
7	-10.36	-11.62	-12.24	-12.55	-12.87	-12.92
6	-11.65	-12.29	-12.61	-12.77	-12.93	-12.96
5	-12.29	-12.63	-12.79	-12.88	-12.96	-12.98
4	-12.61	-12.79	-12.89	-12.93	-12.98	-12.99
3	-12.77	-12.88	-12.93	-12.96	-12.99	-12.99
2	-12.93	-12.96	-12.98	-12.99	-12.99	-13.00
1	-12.96	-12.98	-12.99	-12.99	-13.00	-13.00

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	21.0	0.13	50	18.54	22.42602	0.65959
2	-13.0	0.04	84	-13.00	-22.42580	0.65958

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]

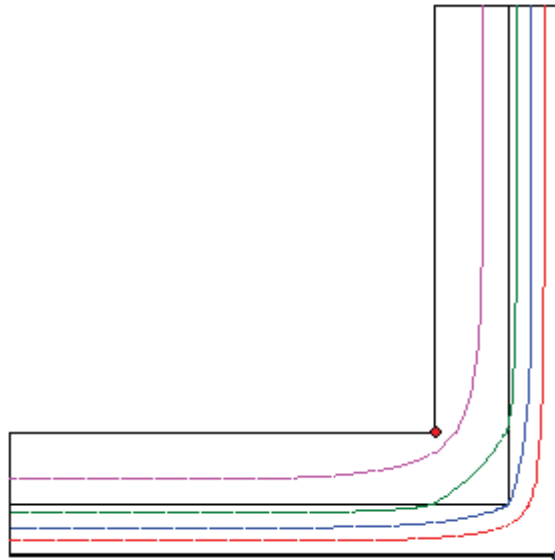
(lze určit jen pro maximálně 2 prostředí; pro určité charakteristické výšky lze získat průměrný)

součinitel prostupu tepla vydělením hodnoty L šířkou hodnoceného výseku konstrukce)

Izotermy:

- -6,00 C
- 0,00 C
- 7,00 C
- 14,00 C

- Tsi=18,54 C
- Tsi=-13,00 C



NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty, TEPLOTNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:

Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	10.18	18.54	0.928	ne	---	---
2	-14.90	-13.00	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 (21.0 C) a vnější (-13.0 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 = -13.0 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

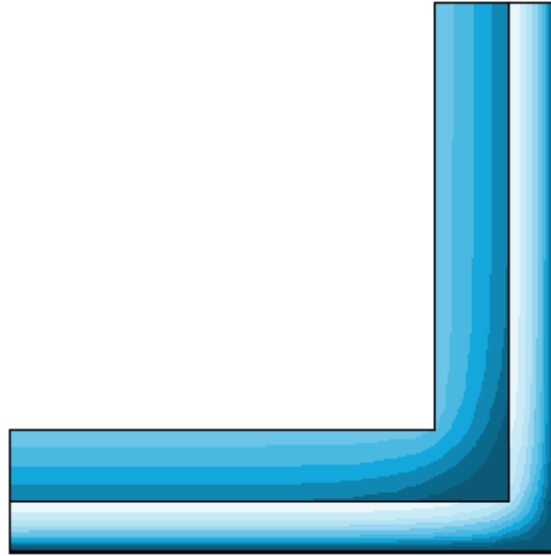
Poznámka: Zde uvedené vyhodnocení rizika povrchové kondenzace neodpovídá hodnocení podle ČSN 730540-2. Program pouze porovnává teplotu povrchu s teplotou rosného bodu v okolním prostředí.

Množství kondenzující vodní páry: 2.5E-0009 kg/m.s.

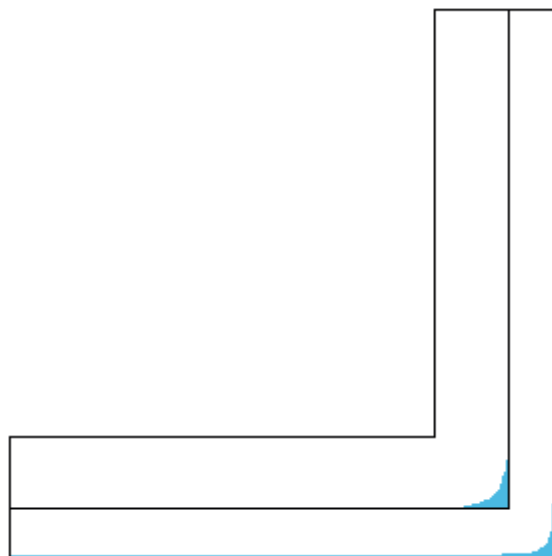
Poznámka: Uvedená množství jsou vztažena k 1 m výšky detailu a platí pro zadané okrajové podmínky. Množství vodní páry vstupující do konstrukce bylo stanoveno pro povrchy se souč. přestupu vodní páry $10 \cdot 10^{-9}$ s/m. Množství vystupující z konstrukce pak pro povrchy se souč. přestupu vodní páry $20 \cdot 10^{-9}$ s/m. Ostatní povrchy se ve výpočtu neuplatnily.

Rel. vlhkost [%]:

18 ... 26
26 ... 34
34 ... 42
42 ... 51
51 ... 59
59 ... 67
67 ... 75
75 ... 84
84 ... 92
92 ... 100



Oblast kondenzace
vodní páry v detailu



SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

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

Název kce	Typ	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10 [C]
05 - stávající	stěna	6.380	0.153	nedochází ke kondenzaci v.p.		---

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

Název úlohy : **05 - stávající**
 Zpracovatel : TT 2017
 Zakázka :
 Datum : 06.04.2021

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	Fermacell Gree	0,0125	0,3200	1100,0	1150,0	13,0	0.0000
2	Dřevo měkké (t	0,0200	0,1800	2510,0	400,0	157,0	0.0000
3	Climatizer Plu	0,0200	0,1800*	2510,0	400,0	2,0	0.0000
4	Climatizer Plu	0,0800	0,0690*	2132,0	137,7	2,0	0.0000
5	Climatizer Plu	0,0200	0,1800*	2510,0	400,0	2,0	0.0000
6	Dřevo měkké (t	0,0200	0,1800	2510,0	400,0	157,0	0.0000
7	Isover TF Prof	0,1800	0,0380	800,0	140,0	1,0	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	Fermacell Greenline	---
2	Dřevo měkké (tok kolmo k vláknům)	---
3	Climatizer Plus - suchý materiál	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.040 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.1600 m Tloušťka tepelných mostů: 0.0200 m Os. vzdálenost tep. mostů: 0.1600 m
4	Climatizer Plus - suchý materiál	

vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946

Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.040 W/(m.K)
 Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K)
 Šířka tepelných mostů: 0.0400 m
 Tloušťka tepelných mostů: 0.0800 m
 Os. vzdálenost tep. mostů: 0.1750 m

5 Climatizer Plus - suchý materiál

vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946

Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.040 W/(m.K)
 Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K)
 Šířka tepelných mostů: 0.1600 m
 Tloušťka tepelných mostů: 0.0200 m
 Os. vzdálenost tep. mostů: 0.1600 m

6 Dřevo měkké (tok kolmo k vláknům)

7 Isover TF Profi

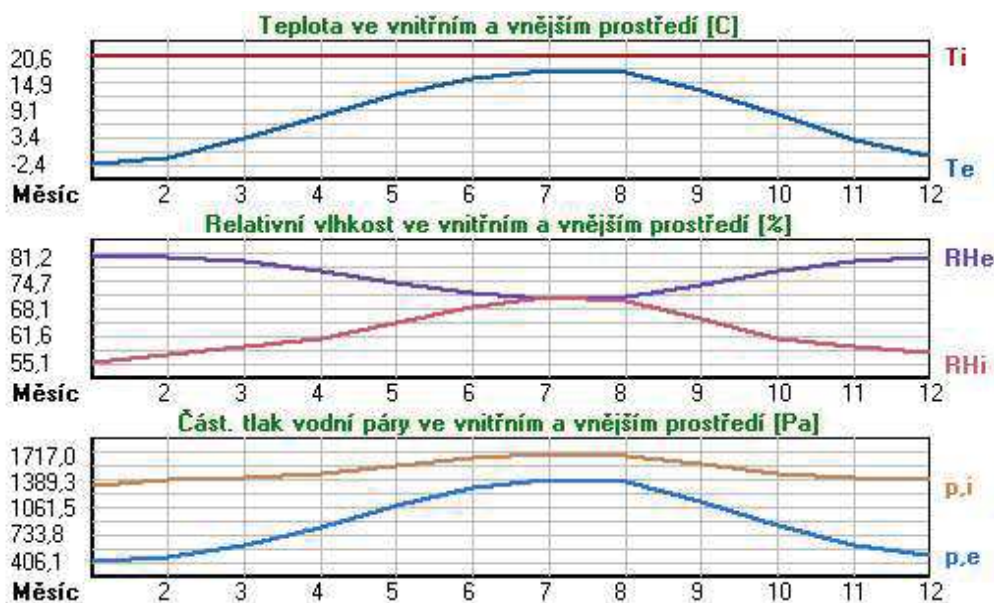
Okrajové podmínky výpočtu :

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 Te : -13.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]	
1	31	744	20.6	55.1	1336.3	-2.4	81.2	406.1
2	28	672	20.6	57.3	1389.6	-0.9	80.8	457.9
3	31	744	20.6	58.8	1426.0	3.0	79.5	602.1
4	30	720	20.6	60.7	1472.1	7.7	77.5	814.1
5	31	744	20.6	64.9	1573.9	12.7	74.5	1093.5
6	30	720	20.6	68.7	1666.1	15.9	72.0	1300.1
7	31	744	20.6	70.8	1717.0	17.5	70.4	1407.2
8	31	744	20.6	70.1	1700.0	17.0	70.9	1373.1
9	30	720	20.6	65.6	1590.9	13.3	74.1	1131.2
10	31	744	20.6	61.0	1479.4	8.3	77.1	843.7
11	30	720	20.6	58.8	1426.0	2.9	79.5	597.9
12	31	744	20.6	57.7	1399.3	-0.6	80.7	468.9

Poznámka: Tai, RH_i 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).



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 :

Teplný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplný odpor konstrukce R : 6.380 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.153 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.17 / 0.20 / 0.25 / 0.35 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} : 3.6E+0010 m/s
Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 434.8
Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 14.2 h

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 19.73 C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : **0.963**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si}=0,25 m²K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		T _{si} [C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
	T _{si} ,m[C]	f _{Rsi} ,m	T _{si} ,m[C]	f _{Rsi} ,m	T _{si} [C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
1	14.7	0.743	11.3	0.595	19.7	0.963	58.1
2	15.3	0.753	11.9	0.594	19.8	0.963	60.2
3	15.7	0.721	12.3	0.526	19.9	0.963	61.2
4	16.2	0.659	12.7	0.391	20.1	0.963	62.5
5	17.2	0.576	13.8	0.135	20.3	0.963	66.1
6	18.2	0.479	14.6	-----	20.4	0.963	69.5
7	18.6	0.365	15.1	-----	20.5	0.963	71.3
8	18.5	0.409	15.0	-----	20.5	0.963	70.7
9	17.4	0.564	13.9	0.087	20.3	0.963	66.7
10	16.3	0.648	12.8	0.367	20.1	0.963	62.8
11	15.7	0.723	12.3	0.529	19.9	0.963	61.3
12	15.4	0.755	12.0	0.593	19.8	0.963	60.6

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

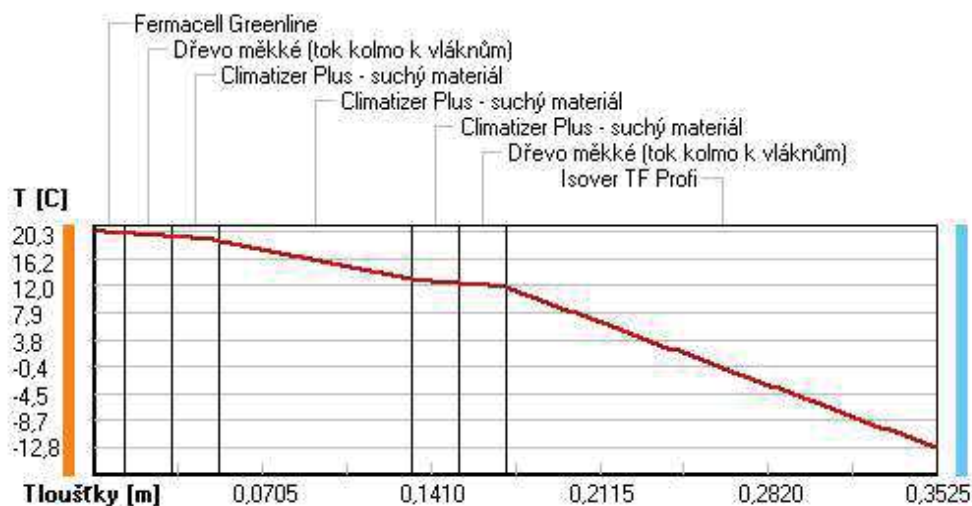
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

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

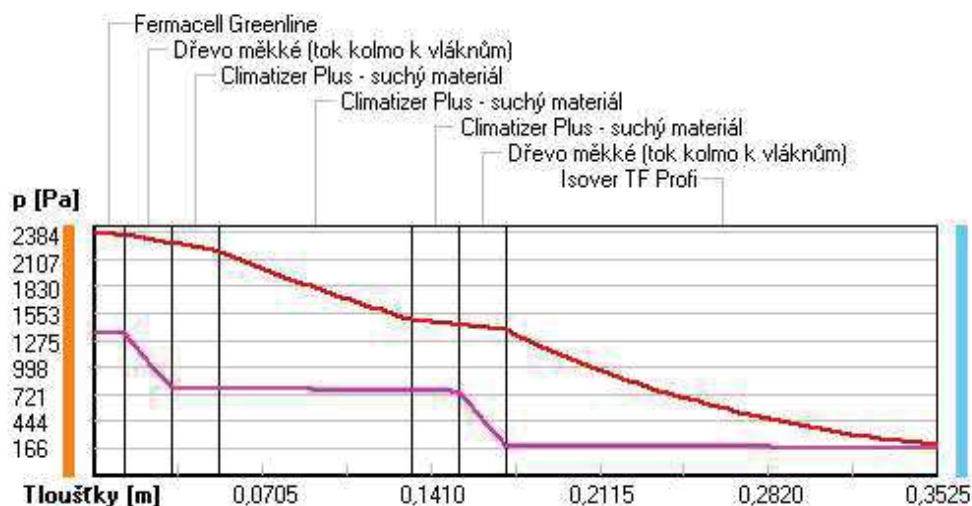
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	e
theta [C]:	20.3	20.1	19.5	19.0	13.0	12.4	11.8	-12.8
p [Pa]:	1367	1339	789	782	754	747	198	166
p,sat [Pa]:	2384	2355	2272	2192	1492	1437	1383	202

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.

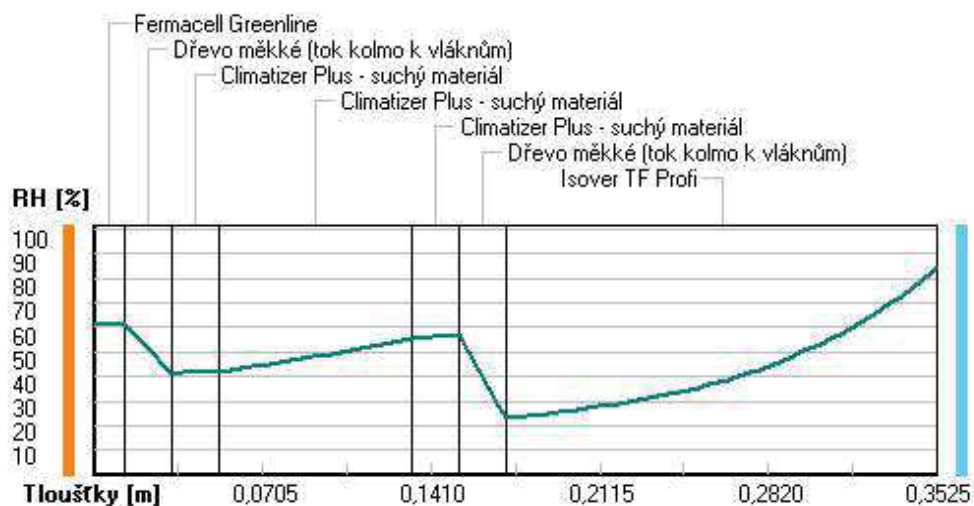
Těploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



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 nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 3.500E-0008 kg/(m².s)

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	Fermacell Gree	90	213	62	---	---
2	Dřevo měkké (t	151	152	62	---	---
3	Climatizer Plu	273	92	---	---	---
4	Climatizer Plu	212	153	---	---	---

5	Climatizer Plu	212	153	---	---	---
6	Dřevo měkké (t	212	153	---	---	---
7	Isover TF Prof	---	---	334	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, (c) 2016 Svoboda Software

DVOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLOT A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

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

Area 2017

Název úlohy : **Tvarovky**

Varianta

Zpracovatel : TT 2017

Zakázka :

Datum : 17.04.2021

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -13.0 C

Teplota vzduchu v interiéru: 21.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 78

Počet vodorovných os: 110

Počet prvků: 16786

Počet uzlových bodů: 8580

Souřadnice os sítě - osa x [m] :

0.00000	0.02250	0.04500	0.06750	0.09000	0.11250	0.13500	0.15750	0.18000	0.20000
0.22000	0.24000	0.26000	0.28000	0.30000	0.32000	0.34000	0.35250	0.36625	0.38000
0.40000	0.42000	0.45375	0.48750	0.52125	0.55500	0.57500	0.59500	0.62875	0.66250
0.69625	0.73000	0.75000	0.77000	0.80375	0.83750	0.87125	0.90500	0.92500	0.94500
0.97875	1.01250	1.04625	1.08000	1.10000	1.12000	1.15375	1.18750	1.22125	1.25500
1.27500	1.29500	1.32875	1.36250	1.39625	1.43000	1.45000	1.47000	1.50375	1.53750
1.57125	1.60500	1.62500	1.64500	1.67875	1.71250	1.74625	1.78000	1.80000	1.82000
1.85375	1.88750	1.92125	1.95500	1.97500	1.98500	1.99500	2.00000		

Souřadnice os sítě - osa y [m] :

0.00000	0.02250	0.04500	0.06750	0.09000	0.11250	0.13500	0.15750	0.18000	0.20000
0.22000	0.24000	0.26000	0.28000	0.30000	0.32000	0.34000	0.35250	0.36813	0.38375
0.39938	0.41500	0.43500	0.45500	0.47188	0.48875	0.50563	0.52250	0.53938	0.55625
0.57313	0.59000	0.61000	0.63000	0.64688	0.66375	0.68063	0.69750	0.71438	0.73125
0.74813	0.76500	0.78500	0.80500	0.82188	0.83875	0.85563	0.87250	0.88938	0.90625
0.92313	0.94000	0.96000	0.98000	1.00000	1.02875	1.05750	1.08625	1.11500	1.13500
1.15500	1.17188	1.18875	1.20563	1.22250	1.23938	1.25625	1.27313	1.29000	1.31000
1.33000	1.34688	1.36375	1.38063	1.39750	1.41438	1.43125	1.44813	1.46500	1.48500
1.50500	1.52188	1.53875	1.55563	1.57250	1.58938	1.60625	1.62313	1.64000	1.66000
1.68000	1.69688	1.71375	1.73063	1.74750	1.76438	1.78125	1.79813	1.81500	1.83500
1.85500	1.87188	1.88875	1.90563	1.92250	1.93938	1.95625	1.97313	1.99000	2.00000

Zadané materiály :

č.	Název	LambdaX	LambdaY	MiX	MiY	X1	X2	Y1	Y2
1	Isover TF Profi	0.038	0.038	1.000	1.000	1	9	1	110
2	Isover TF Profi	0.038	0.038	1.000	1.000	9	78	1	9
3	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	9	10	9	110
4	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	17	78	9	10
5	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	11	15	12	14
6	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	11	15	22	24
7	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	11	15	32	34
8	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	11	15	42	44
9	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	11	15	52	54
10	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	11	15	59	61
11	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	11	15	69	71
12	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	11	15	79	81
13	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	11	15	89	91
14	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	11	15	99	101
15	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	11	15	109	110
16	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	20	22	11	15

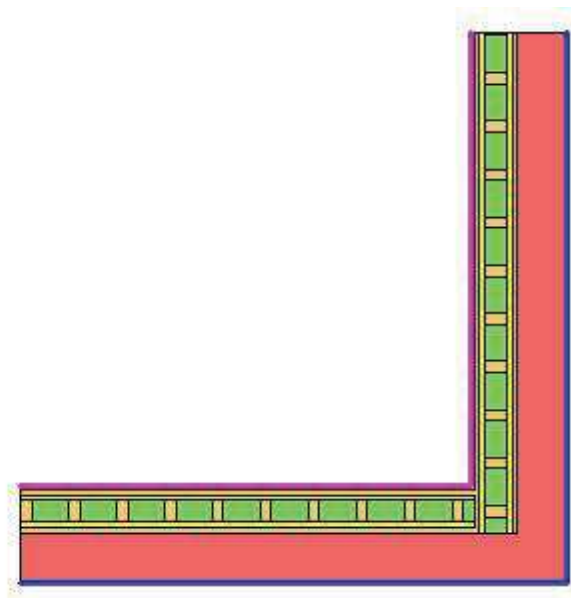
17	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	26	28	11	15
18	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	32	34	11	15
19	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	38	40	11	15
20	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	44	46	11	15
21	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	50	52	11	15
22	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	56	58	11	15
23	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	62	64	11	15
24	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	68	70	11	15
25	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	74	77	11	15
26	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	16	17	9	110
27	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	17	78	16	17
28	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	11	15	9	12
29	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	11	15	14	22
30	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	11	15	24	32
31	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	11	15	34	42
32	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	11	15	44	52
33	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	11	15	54	59
34	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	11	15	61	69
35	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	11	15	71	79
36	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	11	15	81	89
37	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	11	15	91	99
38	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	11	15	101	109
39	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	17	20	11	15
40	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	22	26	11	15
41	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	28	32	11	15
42	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	34	38	11	15
43	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	40	44	11	15
44	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	46	50	11	15
45	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	52	56	11	15
46	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	58	62	11	15
47	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	64	68	11	15
48	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	70	74	11	15
49	Climatizer Plus	0.040	0.040	2.000	2.000	77	78	11	15
50	Climatizer Plus	0.180	0.180	2.000	2.000	10	11	9	110
51	Climatizer Plus	0.180	0.180	2.000	2.000	15	16	9	110
52	Climatizer Plus	0.180	0.180	2.000	2.000	17	78	10	11
53	Climatizer Plus	0.180	0.180	2.000	2.000	17	78	15	16
54	Fermacell Green	0.320	0.320	13	13	17	18	17	110
55	Fermacell Green	0.320	0.320	13	13	18	78	17	18

Poznámka: LambdaX a LambdaY jsou návrhové hodnoty tepelné vodivosti materiálu ve směru osy X a Y ve W/(m.K);
 Mix a M1Y 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 vymežující zadanou oblast.

**Geometrie detailu
a zadané podmínky:**

Počet vert. os: 78
 Počet horizont. os: 110
 Počet prvků: 16786

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	1888	8488	21.00	0.13	50.0	1.24	10.00
2	1888	1980	21.00	0.13	50.0	1.24	10.00
3	881	8471	-13.00	0.04	84.0	0.17	20.00
4	1	881	-13.00	0.04	84.0	0.17	20.00
5	1	110	-13.00	0.04	84.0	0.17	20.00

Poznámka: R_s 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.

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉHO DETAILU :

NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

Prostředí	T [C]	R_s [m ² K/W]	R.H. [%]	$T_{s,min}$ [C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	21.0	0.13	50	18.80	18.53094	0.54503
2	-13.0	0.04	84	-13.00	-18.53089	0.54503

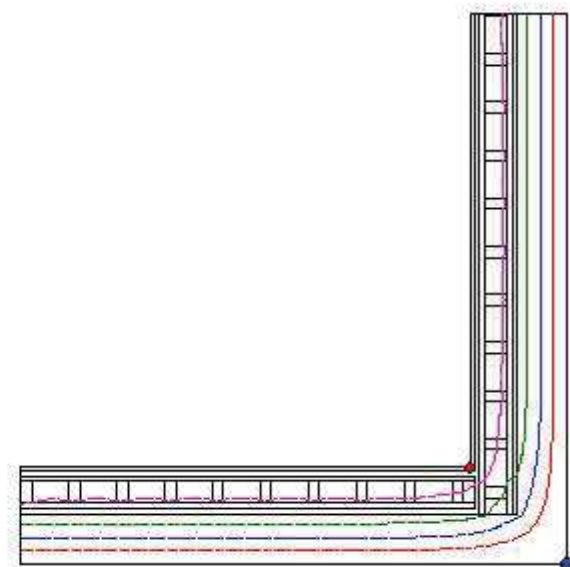
Vysvětlivky:

T zadaná teplota v daném prostředí [C]
 R_s zadaný odpor při přestupu tepla v daném prostředí [m²K/W]
 R.H. zadaná relativní vlhkost v daném prostředí [%]
 $T_{s,min}$ 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:

— -6,00 C
 — 0,00 C
 — 7,00 C
 — 14,00 C

● $T_{sj}=18,80$ C
 ● $T_{si}=-13,00$ C



NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty, TEPLOTNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:

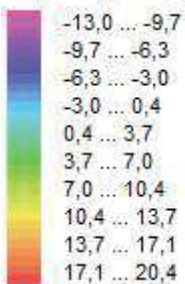
Prostředí	T_w [C]	$T_{s,min}$ [C]	f,R_{si} [-]	KOND.	RH,max [%]	T_{min} [C]
1	10.18	18.80	0.935	ne	---	---
2	-14.90	-13.00	1.000	ne	---	---

Vysvětlivky:

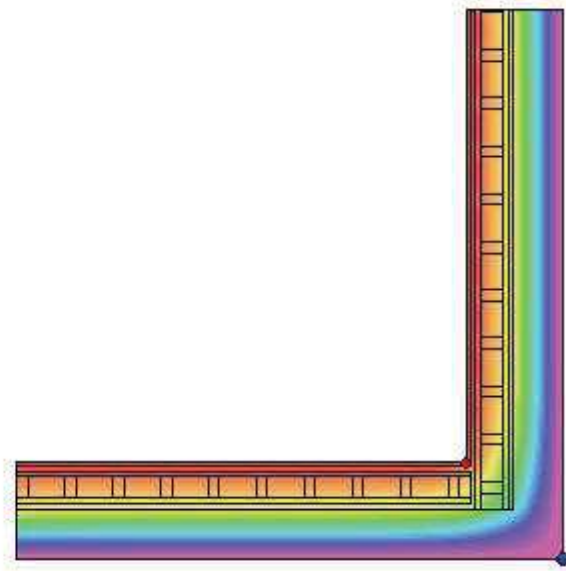
T_w teplota rosného bodu v daném prostředí [C] - lze určit jen pro teploty do 100 C
 $T_{s,min}$ minimální povrchová teplota v daném prostředí [C]
 f,R_{si} teplotní faktor dle ČSN 730540, EN ISO 10211 a EN ISO 13788 [-]
 [rozdíl minimální povrchové teploty a vnější teploty podělený rozdílem vnitřní (21.0 C) a vnější (-13.0 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 $T_e = -13.0$ 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.

Teplovní pole [C]:



◆ Tsi=18,80 C
◆ Tsi=-13,00 C



ODHAD CHYBY VÝPOČTU PODLE EN ISO 10211:

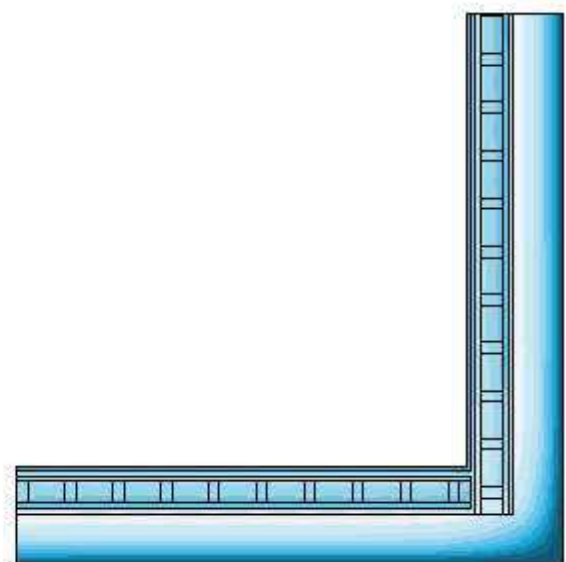
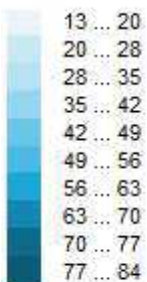
Součet tepelných toků: 0.0000 W/m
Součet abs.hodnot tep.toků: 37.0618 W/m
Podíl: 0.0000
Podíl je menší než 0.0001 - požadavek na přesnost je splněn.

TOKY DIFUNDUJÍCÍ VODNÍ PÁRY PŘI ZADANÝCH PODMÍNKÁCH:

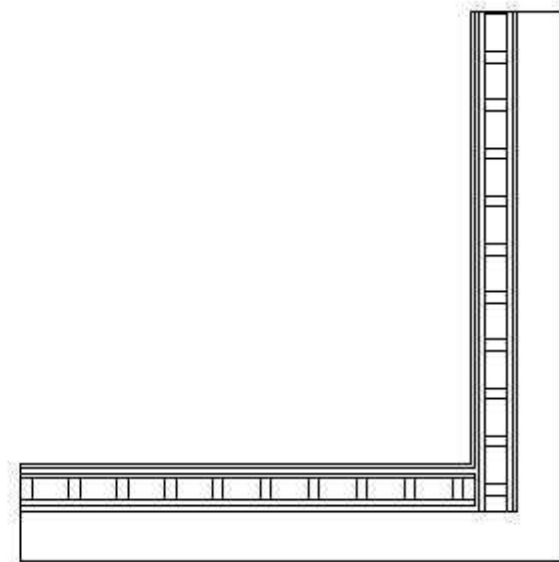
Množství vstupující do konstrukce: 1.0E-0007 kg/m,s.
Množství vystupující z konstrukce: 1.0E-0007 kg/m,s.
Chyba výpočtu: 4.0E-0012 kg/m,s.

Poznámka: Uvedená množství jsou vztažena k 1 m výšky detailu a platí pro zadané okrajové podmínky. Množství vodní páry vstupující do konstrukce bylo stanoveno pro povrchy se souč. přestupu vodní páry 10.e-9 s/m. Množství vystupující z konstrukce pak pro povrchy se souč. přestupu vodní páry 20.e-9 s/m. Ostatní povrchy se ve výpočtu neuplatnily.

Rel. vlhkost [%]:



Oblast kondenzace
vodní páry v detailu



Area 2017, (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 [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10 [C]
04 - stávající...	stěna	5.807	0.167	nedochází ke kondenzaci v.p.		---

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 : **04 - stávající**

Zpracovatel : TT 2017

Zakázka :

Datum : 31.03.2021

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	Fermacell Gree	0,0125	0,3200	1100,0	1150,0	13,0	0.0000
2	STEICO univers	0,0400	0,2290*	37298,3	11430,4	5,0	0.0000
3	Egger OSB4 TOP	0,0150	0,1300	1700,0	620,0	200,0	0.0000
4	STEICO univers	0,1600	0,0520	2109,8	273,1	5,0	0.0000
5	STEICO univers	0,1200	0,0500	2100,0	270,0	5,0	0.0000
6	Dekten fassade	0,0004	0,3500	1470,0	400,0	225,0	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	Fermacell Greenline	---
2	STEICO universal	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.234 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.0600 m Tloušťka tepelných mostů: 0.0400 m Os. vzdálenost tep. mostů: 0.6250 m
3	Egger OSB4 TOP	---
4	STEICO universal	---
5	STEICO universal	---
6	Dekten fassade II	---

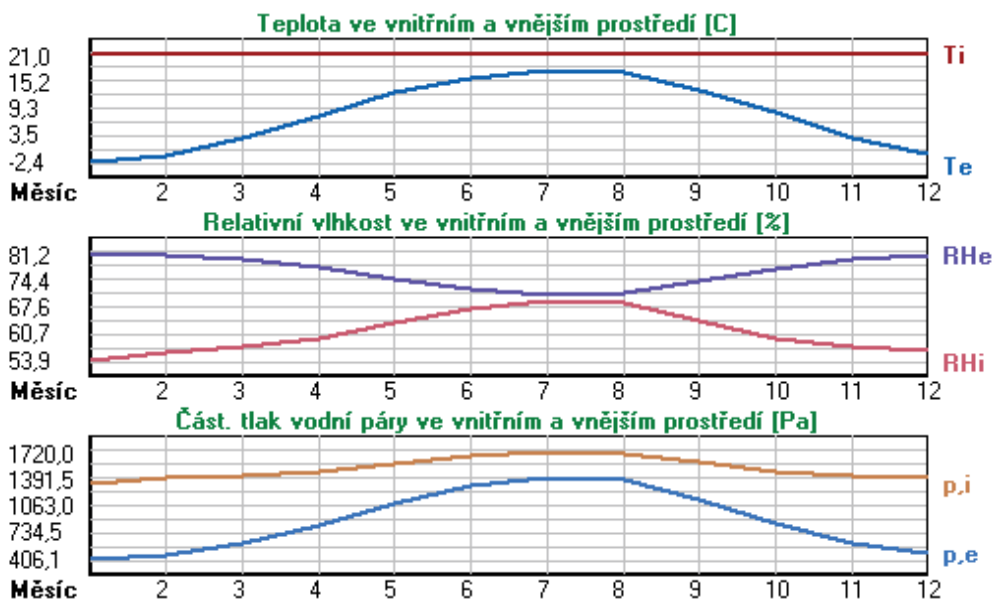
Okrajové podmínky výpočtu :

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 Te : -13.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31 744	21.0	53.9	1339.7	-2.4	81.2	406.1
2	28 672	21.0	56.0	1391.9	-0.9	80.8	457.9
3	31 744	21.0	57.5	1429.2	3.0	79.5	602.1
4	30 720	21.0	59.3	1473.9	7.7	77.5	814.1
5	31 744	21.0	63.4	1575.9	12.7	74.5	1093.5
6	30 720	21.0	67.2	1670.3	15.9	72.0	1300.1
7	31 744	21.0	69.2	1720.0	17.5	70.4	1407.2
8	31 744	21.0	68.5	1702.6	17.0	70.9	1373.1
9	30 720	21.0	64.1	1593.3	13.3	74.1	1131.2
10	31 744	21.0	59.7	1483.9	8.3	77.1	843.7
11	30 720	21.0	57.5	1429.2	2.9	79.5	597.9
12	31 744	21.0	56.5	1404.4	-0.6	80.7	468.9

Poznámka: Tai, RH_i a P_i 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).



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 : 5.807 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.167 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.19 / 0.22 / 0.27 / 0.37 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} : 2.6E+0010 m/s
Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 227514384.0

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p : 19.61 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p : **0.959**

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	14.7	0.732	11.3	0.586	20.0	0.959	57.2
2	15.3	0.741	11.9	0.584	20.1	0.959	59.2
3	15.7	0.707	12.3	0.516	20.3	0.959	60.2
4	16.2	0.640	12.8	0.381	20.5	0.959	61.3
5	17.3	0.550	13.8	0.131	20.7	0.959	64.7
6	18.2	0.449	14.7	-----	20.8	0.959	68.1
7	18.7	0.331	15.1	-----	20.9	0.959	69.8
8	18.5	0.374	15.0	-----	20.8	0.959	69.2
9	17.4	0.538	14.0	0.085	20.7	0.959	65.4
10	16.3	0.632	12.9	0.360	20.5	0.959	61.6
11	15.7	0.709	12.3	0.519	20.3	0.959	60.2
12	15.5	0.743	12.0	0.585	20.1	0.959	59.7

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)

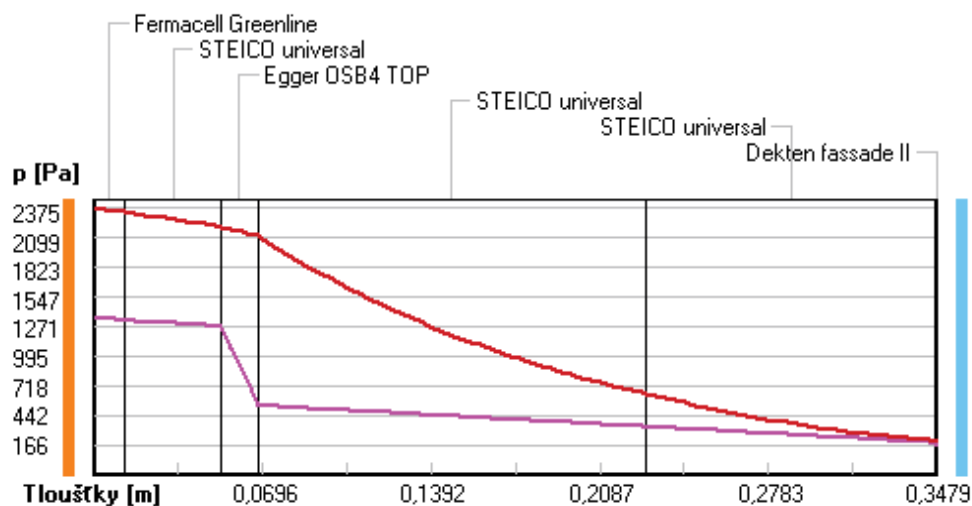
Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	e
theta [C]:	20.3	20.0	19.0	18.4	0.9	-12.8	-12.8
p [Pa]:	1367	1327	1277	535	337	189	166
p,sat [Pa]:	2375	2343	2202	2114	651	202	202

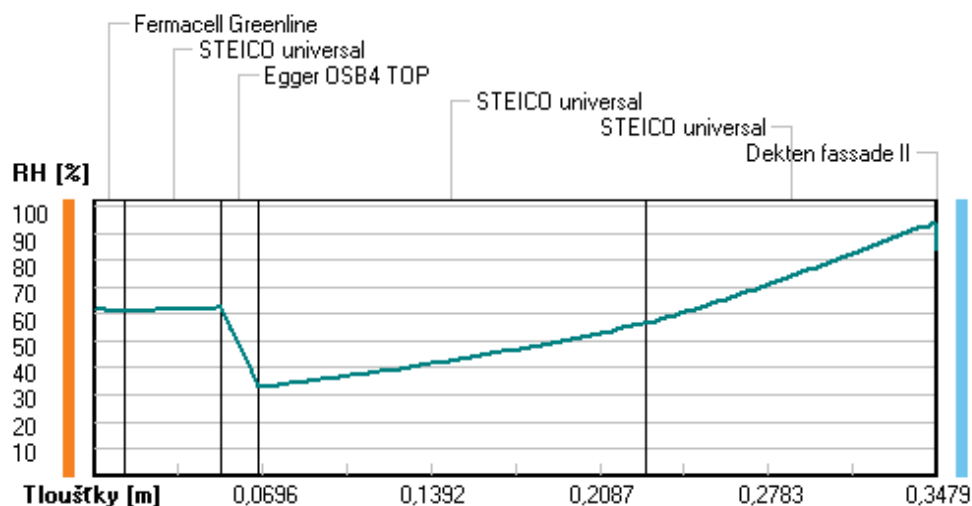
Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

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 nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 4.949E-0008 kg/(m².s)

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	Fermacell Gree	151	214	---	---	---
2	STEICO univers	151	214	---	---	---
3	Egger OSB4 TOP	151	214	---	---	---
4	STEICO univers	151	214	---	---	---
5	STEICO univers	---	---	214	151	---
6	Dekten fassade	---	---	214	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.

DVOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLOT A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

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

Area 2017 EDU

Název úlohy : **Těžký skelet**

Varianta

Zpracovatel : TT 2017

Zakázka :

Datum : 09.04.2021

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -13.0 C

Teplota vzduchu v interiéru: 21.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 41

Počet vodorovných os: 42

Počet prvků: 3280

Počet uzlových bodů: 1722

Souřadnice os sítě - osa x [m] :

0.00000	0.00400	0.01150	0.01900	0.03400	0.06400	0.12400	0.20400	0.24400	0.26400
0.28400	0.29900	0.32400	0.33900	0.35150	0.37183	0.39216	0.43281	0.51413	0.59544
0.67675	0.75806	0.83938	0.92069	1.00200	1.06438	1.12675	1.18913	1.25150	1.31388
1.37625	1.43863	1.50100	1.56338	1.62575	1.68813	1.75050	1.81288	1.87525	1.93763
2.00000									

Souřadnice os sítě - osa y [m] :

0.00000	0.00400	0.01150	0.01900	0.03400	0.06400	0.12400	0.16400	0.20400	0.24400
0.26400	0.28400	0.29900	0.31900	0.33900	0.35150	0.37177	0.39203	0.43256	0.51363
0.59469	0.67575	0.75681	0.83788	0.91894	1.00000	1.06250	1.12500	1.18750	1.25000
1.31250	1.37500	1.43750	1.50000	1.56250	1.62500	1.68750	1.75000	1.81250	1.87500
1.93750	2.00000								

Zadané materiály :

č.	Název	LambdaX	LambdaY	MiX	MiY	X1	X2	Y1	Y2
1	Dekten fassade	0.350	0.350	225	225	1	2	1	42
2	Folie PVC	0.160	0.160	16700	16700	2	41	1	2
3	STEICO universa	0.050	0.050	5.000	5.000	2	7	2	42
4	STEICO universa	0.050	0.050	5.000	5.000	7	41	2	7
5	STEICO universa	0.051	0.051	5.000	5.000	7	11	12	42
6	STEICO universa	0.051	0.051	5.000	5.000	11	41	7	12
7	Egger OSB4 TOP	0.130	0.130	200	200	11	12	12	42
8	Egger OSB4 TOP	0.130	0.130	200	200	12	41	12	13
9	STEICO universa	0.229	0.229	5.000	5.000	12	14	13	42
10	STEICO universa	0.229	0.229	5.000	5.000	14	41	13	15
11	Fermacell Green	0.320	0.320	13	13	14	15	15	42
12	Fermacell Green	0.320	0.320	13	13	15	41	15	16
13	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	7	11	7	8
14	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	11	13	7	12
15	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	7	11	10	12
16	STEICO universa	0.051	0.051	5.000	5.000	7	11	8	10

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.

5	-12.97
4	-12.98
3	-12.99
2	-12.99
1	-13.00

NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

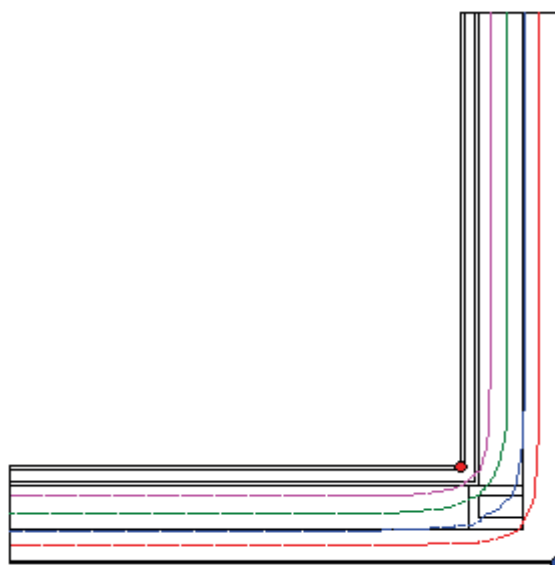
Prostředí	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	21.0	0.13	50	18.35	20.35350	0.59863
2	-13.0	0.04	84	-13.00	-20.35352	0.59863

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:

- -6,00 C
- 0,00 C
- 7,00 C
- 14,00 C
- ◆ Ts_i=18,35 C
- ◆ Ts_i=-13,00 C



NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty, TEPLotNÍ FAKTORy A RIZIKo KONDENZACE:

Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	10.18	18.35	0.922	ne	---	---
2	-14.90	-13.00	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 (21.0 C) a vnější (-13.0 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 = -13.0 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

6	0.17
5	0.17
4	0.17
3	0.17
2	0.17
1	0.17

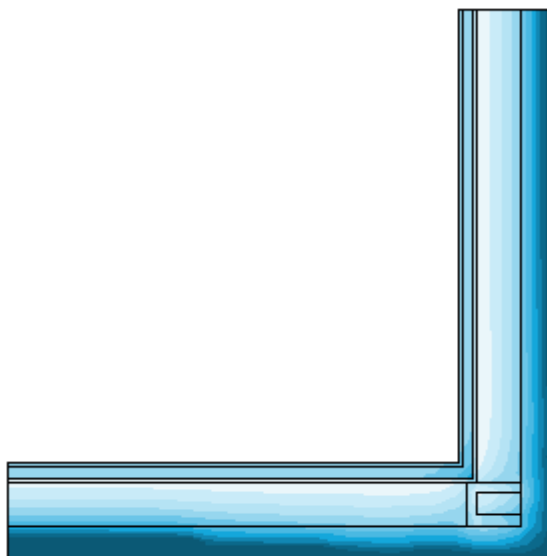
TOKY DIFUNDUJÍCÍ VODNÍ PÁRY PŘI ZADANÝCH PODMÍNKÁCH:

Množství vstupující do konstrukce:	1.3E-0007 kg/m,s.
Množství vystupující z konstrukce:	1.5E-0008 kg/m,s.
Množství kondenzující vodní páry:	1.1E-0007 kg/m,s.

Poznámka: Uvedená množství jsou vztažena k 1 m výšky detailu a platí pro zadané okrajové podmínky. Množství vodní páry vstupující do konstrukce bylo stanoveno pro povrchy se souč. přestupu vodní páry $10 \cdot 10^{-9}$ s/m. Množství vystupující z konstrukce pak pro povrchy se souč. přestupu vodní páry $20 \cdot 10^{-9}$ s/m. Ostatní povrchy se ve výpočtu neuplatnily.

Rel. vlhkost [%]:

24 ... 32
32 ... 39
39 ... 47
47 ... 54
54 ... 62
62 ... 70
70 ... 77
77 ... 85
85 ... 92
92 ... 100



Oblast kondenzace
vodní páry v detailu



Area 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]
07 - stávající...	stěna	5.663	0.171	nedochází ke kondenzaci v.p.		---

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 : **07 - stávající**

Zpracovatel : TT 2017

Zakázka :

Datum : 31.03.2021

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/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Fermacell Gree	0,0125	0,3200	1100,0	1150,0	13,0	0.0000
2	Isover Orsik	0,0600	0,0550	1011,8	75,9	1,0	0.0000
3	Egger OSB3	0,0150	0,1300	1700,0	600,0	180,0	0.0000
4	Isover Orsik	0,1400	0,0480*	909,4	53,7	1,0	0.0000
5	Isover Orsik	0,0600	0,0400	800,0	30,0	1,0	0.0000
6	Dekten fassade	0,0004	0,3500	1470,0	400,0	225,0	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	Fermacell Greenline	---
2	Isover Orsik	---
3	Egger OSB3	---
4	Isover Orsik	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.040 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.0400 m Tloušťka tepelných mostů: 0.1400 m Os. vzdálenost tep. mostů: 0.6250 m
5	Isover Orsik	---
6	Dekten fassade II	---

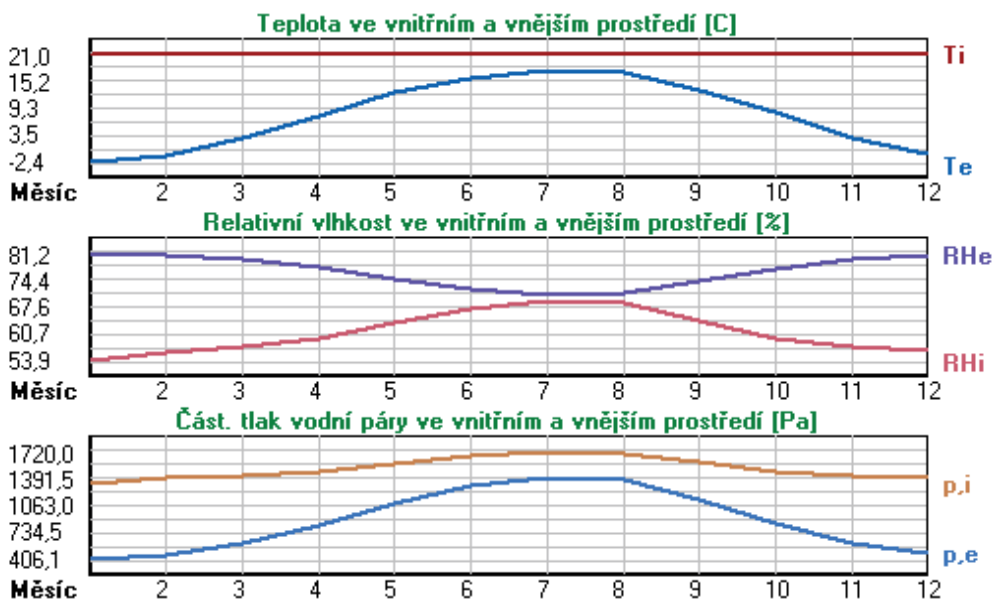
Okrajové podmínky výpočtu :

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 Te : -13.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]		Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31	744	21.0	53.9	1339.7	-2.4	81.2	406.1
2	28	672	21.0	56.0	1391.9	-0.9	80.8	457.9
3	31	744	21.0	57.5	1429.2	3.0	79.5	602.1
4	30	720	21.0	59.3	1473.9	7.7	77.5	814.1
5	31	744	21.0	63.4	1575.9	12.7	74.5	1093.5
6	30	720	21.0	67.2	1670.3	15.9	72.0	1300.1
7	31	744	21.0	69.2	1720.0	17.5	70.4	1407.2
8	31	744	21.0	68.5	1702.6	17.0	70.9	1373.1
9	30	720	21.0	64.1	1593.3	13.3	74.1	1131.2
10	31	744	21.0	59.7	1483.9	8.3	77.1	843.7
11	30	720	21.0	57.5	1429.2	2.9	79.5	597.9
12	31	744	21.0	56.5	1404.4	-0.6	80.7	468.9

Poznámka: Tai, RH_i a P_i 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).



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 : 5.663 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.171 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.19 / 0.22 / 0.27 / 0.37 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} : 1.7E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 87.2

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

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p : 19.57 C
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p : **0.958**

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	14.7	0.732	11.3	0.586	20.0	0.958	57.3
2	15.3	0.741	11.9	0.584	20.1	0.958	59.3
3	15.7	0.707	12.3	0.516	20.2	0.958	60.2
4	16.2	0.640	12.8	0.381	20.4	0.958	61.4
5	17.3	0.550	13.8	0.131	20.7	0.958	64.8
6	18.2	0.449	14.7	-----	20.8	0.958	68.1
7	18.7	0.331	15.1	-----	20.9	0.958	69.8
8	18.5	0.374	15.0	-----	20.8	0.958	69.2
9	17.4	0.538	14.0	0.085	20.7	0.958	65.4
10	16.3	0.632	12.9	0.360	20.5	0.958	61.7
11	15.7	0.709	12.3	0.519	20.2	0.958	60.3
12	15.5	0.743	12.0	0.585	20.1	0.958	59.7

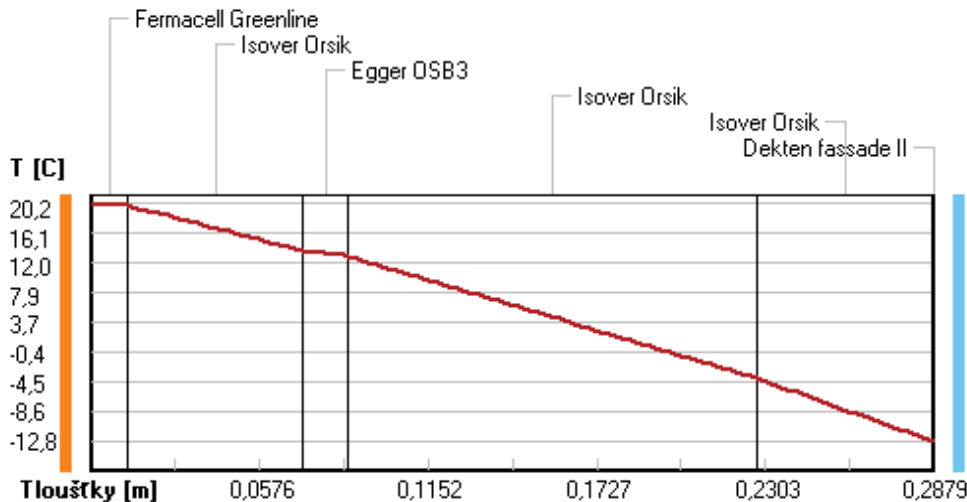
Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

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

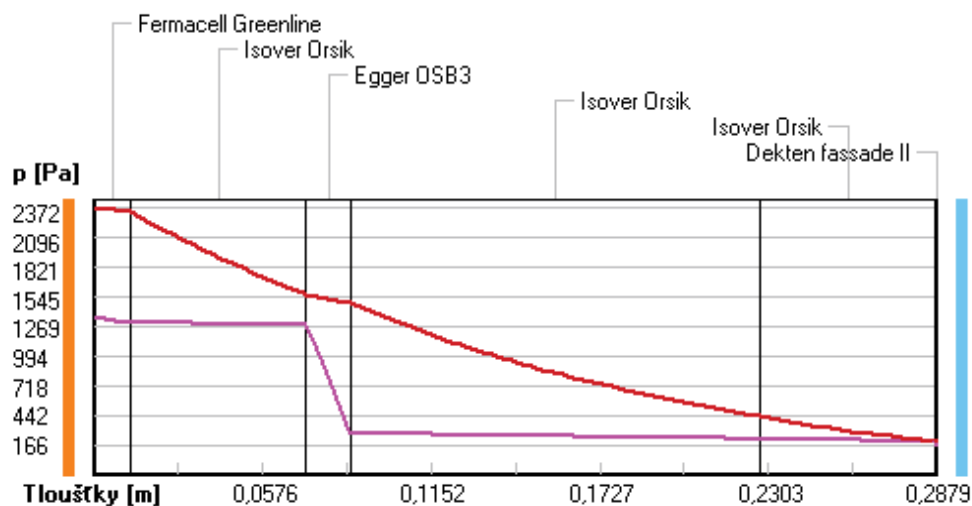
Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	e
theta [C]:	20.2	20.0	13.7	13.0	-4.0	-12.8	-12.8
p [Pa]:	1367	1306	1284	275	222	200	166
p,sat [Pa]:	2372	2339	1562	1495	436	202	202

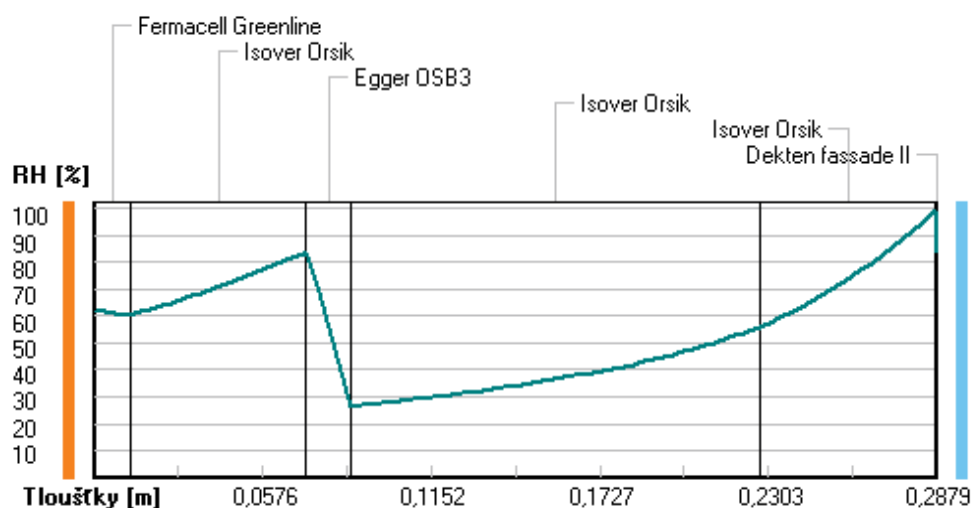
Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

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 nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 7.476E-0008 kg/(m².s)

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	Fermacell Gree	151	214	---	---	---
2	Isover Orsik	---	122	243	---	---
3	Egger OSB3	---	122	243	---	---
4	Isover Orsik	90	275	---	---	---
5	Isover Orsik	---	---	214	151	---
6	Dekten fassade	---	---	214	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.

DVOUROZMĚRNÉ STACIONÁRNÍ POLE TEPLOT A ČÁSTEČNÝCH TLAKŮ VODNÍ PÁRY

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

Area 2017 EDU

Název úlohy : **Lehký skelet**

Varianta

Zpracovatel : TT 2017

Zakázka :

Datum : 09.04.2021

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Parametry pro výpočet teplotního faktoru:

Teplota vzduchu v exteriéru: -13.0 C

Teplota vzduchu v interiéru: 21.0 C

Parametry charakterizující rozsah úlohy:

Počet svislých os: 47

Počet vodorovných os: 47

Počet prvků: 4232

Počet uzlových bodů: 2209

Souřadnice os sítě - osa x [m] :

0.00000	0.00400	0.01900	0.03400	0.06400	0.13400	0.16900	0.18650	0.20400	0.21150
0.21525	0.21713	0.21900	0.21961	0.22113	0.22266	0.22571	0.23181	0.24400	0.26150
0.27025	0.27462	0.27681	0.27900	0.27961	0.28110	0.28258	0.28556	0.29150	0.31338
0.33525	0.37900	0.41900	0.51150	0.60400	0.69650	0.78900	0.82900	1.00400	1.20900
1.31150	1.41400	1.45400	1.59150	1.72900	1.86650	2.00400			

Souřadnice os sítě - osa y [m] :

0.00000	0.00400	0.01150	0.01900	0.03400	0.06400	0.10400	0.16400	0.20400	0.21900
0.24900	0.27900	0.29150	0.31900	0.35900	0.46650	0.57400	0.68150	0.78900	0.82900
0.91450	1.00000	1.10250	1.20500	1.30750	1.35875	1.38438	1.39719	1.40359	1.41000
1.41400	1.42300	1.43200	1.44100	1.45000	1.45400	1.46253	1.47106	1.48813	1.52225
1.59050	1.65875	1.72700	1.79525	1.86350	1.93175	2.00000			

Zadané materiály :

č.	Název	LambdaX	LambdaY	MiX	MiY	X1	X2	Y1	Y2
1	Dekten fassade	0.350	0.350	1470	1470	1	2	1	47
2	Dekten fassade	0.350	0.350	1470	1470	2	47	1	2
3	Isover Orsik	0.040	0.040	1.000	1.000	2	5	2	47
4	Isover Orsik	0.040	0.040	1.000	1.000	5	47	2	6
5	Isover Orsik	0.048	0.048	1.000	1.000	5	9	6	8
6	Isover Orsik	0.048	0.048	1.000	1.000	9	37	6	9
7	Egger OSB3	0.130	0.130	180	180	9	13	9	47
8	Egger OSB3	0.130	0.130	180	180	13	47	9	10
9	Isover Orsik	0.049	0.049	1.000	1.000	13	24	10	14
10	Isover Orsik	0.049	0.049	1.000	1.000	24	32	10	12
11	Fermacell Green	0.320	0.320	13	13	24	29	12	47
12	Fermacell Green	0.320	0.320	13	13	29	47	12	13
13	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	5	9	6	7
14	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	9	19	6	9
15	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	13	24	14	15
16	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	32	33	10	12
17	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	5	9	8	9
18	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	5	9	19	20
19	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	5	9	31	36
20	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	37	38	6	9
21	Dřevo měkké (to	0.180	0.180	157	157	42	43	6	9
22	Isover Orsik	0.048	0.048	1.000	1.000	5	9	9	19
23	Isover Orsik	0.048	0.048	1.000	1.000	5	9	20	31
24	Isover Orsik	0.048	0.048	1.000	1.000	5	9	36	47
25	Isover Orsik	0.048	0.048	1.000	1.000	38	42	6	9
26	Isover Orsik	0.048	0.048	1.000	1.000	43	47	6	9

19	8.96	5.45	-1.35	-7.04	-9.84	-12.62	-12.70
18	8.59	4.56	-3.65	-8.14	-10.41	-12.69	-12.76
17	8.31	4.17	-4.11	-8.40	-10.55	-12.70	-12.77
16	8.04	3.85	-4.37	-8.55	-10.63	-12.71	-12.78
15	7.41	2.98	-4.94	-8.85	-10.80	-12.73	-12.79
14	6.14	1.92	-5.43	-9.10	-10.93	-12.75	-12.81
13	4.68	0.90	-5.82	-9.29	-11.03	-12.76	-12.81
12	3.92	0.39	-6.00	-9.37	-11.07	-12.77	-12.82
11	1.93	-0.97	-6.40	-9.56	-11.16	-12.78	-12.83
10	-0.21	-2.42	-6.61	-9.67	-11.23	-12.79	-12.83
9	-1.33	-3.17	-6.53	-9.71	-11.25	-12.79	-12.84
8	-2.21	-3.77	-6.89	-9.93	-11.38	-12.81	-12.85
7	-6.10	-7.20	-9.08	-10.94	-11.90	-12.87	-12.90
6	-7.00	-7.91	-9.63	-11.41	-12.18	-12.90	-12.92
5	-9.92	-10.38	-11.36	-12.17	-12.56	-12.95	-12.96
4	-11.37	-11.61	-12.14	-12.56	-12.77	-12.97	-12.98
3	-12.09	-12.22	-12.52	-12.75	-12.87	-12.98	-12.99
2	-12.80	-12.83	-12.90	-12.95	-12.97	-12.99	-12.99
1	-12.85	-12.87	-12.92	-12.96	-12.98	-12.99	-12.99

NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty A HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU:

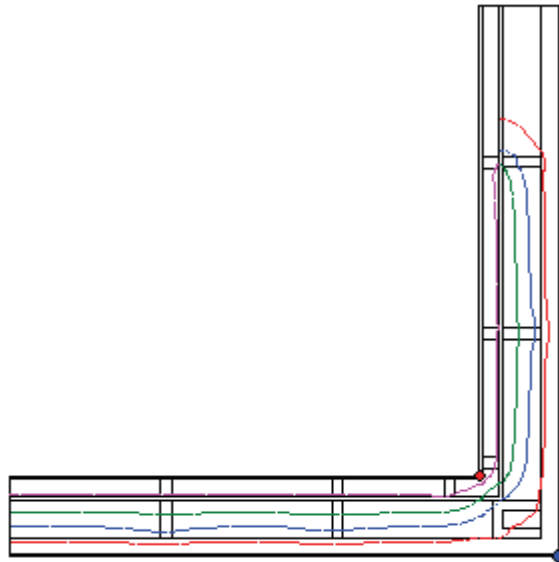
Prostředí	T [C]	Rs [m2K/W]	R.H. [%]	Ts,min [C]	Tep.tok Q [W/m]	Propust. L [W/mK]
1	21.0	0.13	50	18.77	19.67212	0.57859
2	-13.0	0.04	84	-12.99	-19.67231	0.57860

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:

- -6,00 C
- 1,00 C
- 7,00 C
- 14,00 C
- ◆ Tsi=18,77 C
- ◆ Tsi=-12,99 C



NEJNIŽŠÍ POVRCHOVÉ TEPLoty, TEPLOTNÍ FAKTORY A RIZIKO KONDENZACE:

Prostředí	Tw [C]	Ts,min [C]	f,Rsi [-]	KOND.	RH,max [%]	T,min [C]
1	10.18	18.77	0.935	ne	---	---
2	-14.90	-12.99	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 (21.0 C) a vnější (-13.0 C) teploty - přesně lze určit jen pro max. 2 prostředí a pro rozdílnou vnitřní a vnější teplotu, program nicméně určuje orientační hodnoty]

7	0.21	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20	0.17
6	0.22	0.22	0.21	0.20	0.20	0.20	0.17
5	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.20	0.17
4	0.22	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20	0.17
3	0.22	0.21	0.21	0.20	0.20	0.20	0.17
2	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.17
1	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17

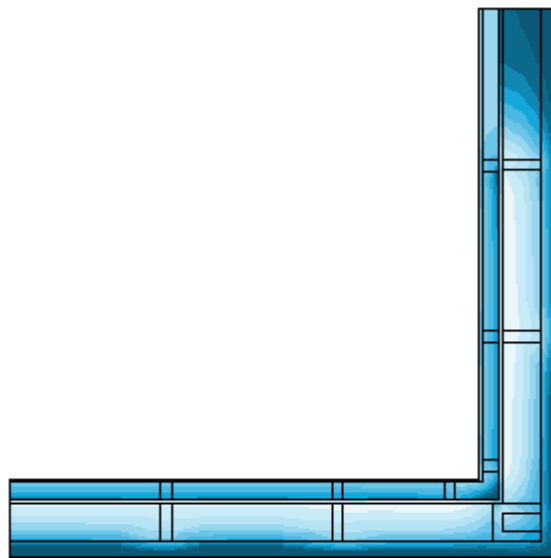
TOKY DIFUNDUJÍCÍ VODNÍ PÁRY PŘI ZADANÝCH PODMÍNKÁCH:

Množství vstupující do konstrukce: 2.0E-0007 kg/m,s.
Množství vystupující z konstrukce: 4.6E-0009 kg/m,s.
Množství kondenzující vodní páry: 1.9E-0007 kg/m,s.

Poznámka: Uvedená množství jsou vztažena k 1 m výšce detailu a platí pro zadané okrajové podmínky. Množství vodní páry vstupující do konstrukce bylo stanoveno pro povrchy se souč. přestupu vodní páry $10 \cdot 10^{-9}$ s/m. Množství vystupující z konstrukce pak pro povrchy se souč. přestupu vodní páry $20 \cdot 10^{-9}$ s/m. Ostatní povrchy se ve výpočtu neuplatnily.

Rel. vlhkost [%]:

19 ... 27
27 ... 35
35 ... 43
43 ... 51
51 ... 59
59 ... 67
67 ... 76
76 ... 84
84 ... 92
92 ... 100



Oblast kondenzace vodní páry v detailu

